الشركة السعودية للكهرباء
Saudi Electricity Company
طاقة مثمرة

نقل الكهرباء
National Grid SA

إدارة محطات الرياض
دائرة الحماية

دورة تدريبية في
حماية المحولات الكهربائية



إعـــداد
م/ سمير عبدالعال زمزم
مهندس نقل الطاقة أول

إعـتـمـــاد
م/ سند سلامة الشمري
مدير دائرة الحماية

المحتويات

مقدمة

كلما زادت أهمية العنصر في منظومة القوى الكهربية زاد الاهتمام بحمايته من تأثير الأعطال التي يمكن أن يتعرض لها ولذا فالمولد مثلا هو أكثر عناصر المنظومة حماية فربما يصل عدد أجهزة الحماية الخاص به إلى أكثر من20 نوعا من أنواع الحمايات ويلي المولدات - في الأهمية - المحولات الكهربية خاصة أن المحولات أكثر انتشارا في الشبكة من المولدات ولذا يجب فهم خصائصها جيدا وفهم الطرق المتنوعة لحمايتها .

وتتفاوت أساليب الحماية المتبعة في المحولات تبعا لمستوى القدرة في كل محول فالمحولات الصغيرة ربما يكتفي فقط باستخدام المصهر (الفيوز Fuse) كحماية رئيسية لها بينما تتعدد مستويات الحماية إلى أكثر من خمسة أنواع في المحولات الكبيرة منها الحماية التفاضلية والحماية ضد زيادة التيار O/C والحماية ضد التسرب الأرضي E/F وغيرها .

يجب توفر المعلومات الآتية عند اختيار الحماية اللازمة للمحولات:

1) البيانات الأساسية
- القدرة ك.ف.أ Power.
- نسبة التحويلTransformer Ratio.
- المجموعة الاتجاهية (طريقة توصيل الملفات)Vector Group.
- نسبة معاوقة المحول المئوية (Z%)Percentage Impedance.
- حالة نقطة التعادل للمحول Transformer Neutral Point Earthing:هل هي مؤرضة مباشرة مع الأرض أو معزولة أو مؤرضة من خلال مقاومة.
- حالة نقطة التعادل للنظامSystem Neutral Earthing.
- هل المحول مركب داخل مبنىIndoor أو خارجهOutdoor.
- هل المحول جاف Dry أو مملوء بالزيت Oil-filled.
- هل يحتوي المحول على خزان احتياطي أو لا يحتوي.

2) طول ومقطع الأسلاك بين محولات التيار و خلايا أجهزة الحماية.
3) مستوى دائرة القصر Short Circuit Level عند القضبان الرئيسية للمحول.
4) وضع المحول بالنسبة للشبكة الكهربائية.

أهم أنواع الحمايات المركبة على المحولات

يمكن تلخيص أنواع أجهزة الحماية اللازم تركيبها على المحول على حسب قدرة المحول كالآتي:

1) محولات التوزيع ذات القدرات الصغيرة:
- مصهرات (فيوزات Fuses) ذات سعة قطع كبيرة للحماية من حالات القصر مع الأرض High rupture capacity fuses.
- لا يحتاج الأمر لإضافة حماية ضد زيادة الحمل.

2) محولات التوزيع ذات قدرة تبلغ 500 ك.ف.أ.
- حماية ضد زيادة التيار Over current protection.
- حماية ضد التسرب الأرضي Earth fault protection.

3) محولات التوزيع المركبة في أماكن هامة ذات قدرة تزيد على 500 ك.ف.أ.
- حماية ضد التسرب الأرضي المقيدة Restricted earth fault protection.
- حماية ضد زيادة التيارOver current protection .
- حماية غازية (بوخولز) Buchholz relay.

4) المحولات ذات القدرة 5م.ف.أ.فأكثر
- حماية تفاضلية Differential protection.
- حماية ضد التسرب الأرضي المقيدة Restricted earth fault protection.
- حماية ضد زيادة التيارOver current protection .
- حماية ضد زيادة الفيض Over flux protection.
- حماية غازية (بوخولز)Buchholz relay .
- حماية ضد انخفاض الجهد Under voltage protection.

وعلى الرغم من اختفاء الفيوز في تطبيقات الحماية في الجهد المنخفض بسبب العيب الرئيسي للفيوزات وهو الحاجة إلى استبدال الفيوز كلما حدث عطل مما يعني ضياع الكثير من الوقت – فإننا نلاحظ شيوع استخدام الفيوزات مع المحولات الصغيرة لعدة أسباب منها رخص ثمنه مقارنه بالـ MCCB (MOLDED CASE CIRCUIT BREAKER), ومنها أيضا أن الاعتمادية بالنسبة للفيوز عالية جداً في اكتشاف القصر ربما بدرجه أعلى من أجهزة الحماية العادية وأخيراً فإننا حتى في حالة استخدام الـ MCCB فإننا سنحتاج لبعض الوقت - في حالة فصل محول القدرة - حتى يصل الفنيون المختصون بفحص المحول أولاً قبل إعادة توصيله.

الغرض من حماية محولات القدرة

يمكن تلخيص الغرض الأساسي من حماية محولات القدرة فيما يلي:

- ❖ حماية المحول من الأعطال الخارجية مثل: حالات القصر المختلفة, ارتفاع الجهد, زيادة الحمل.
- ❖ حماية الشبكة الكهربائية المتصلة بالمحول.
- ❖ حماية الأجزاء المحيطة بالمحول وقت العطل.
- ❖ ملاحظة و مراقبة تشغيل المحولات و ذلك لتقليل المخاطر بقدر الإمكان وقت حدوث العطل.

الأعطال في محولات القدرة

تتنوع أنواع الأعطال بمحولات القدرة فبعضها نادر مثل Phase To Phase , ومثل الأعطال بين لفات الــ Phase الواحد التي تسمى Internal Fault , وهذه النوعية من الأعطال تكون نادرة في المحولات المستخدمة في الجهود المنخفضة , بينما يزداد وجودها في حالة المحولات التي تتصل بخطوط النقل ذات الجهد العالي بسبب تعرض لفات المحول , خاصة النهائية للــ Impulse Voltage ذات القيم العالية جدا مقارنة بالـ Rated Voltage للمحول .

وبعض الأعطال يمكن أن يحدث في القلب الحديدي Core Faults , ولذلك نتيجة مرور التيارات الدوامية Eddy Currents العالية التي تسبب سخونة للقلب الحديدي خاصة عند مسامير الربط ولحسن الحظ فمثل هذه الأعطال – خاصة في المحولات الزيتية - تسبب سخونة للزيت وتحلله وهذا ما يسهل اكتشاف هذا العطل من خلال Buchholz Relay كما سيأتي شرحه لاحقا .

وهناك أعطال تحدث في المحولات الزيتية خاصة بخزان الزيت Tank Faults حيث يتسرب الزيت من خلال شروخ أو كسور في الجسم ويمثل تسرب الزيت علامة خطر كبيرة لهذه المحولات كما هو معروف .

وأخيرا يلزم الإشارة إلى أن أهم ما يؤثر على قيمة تيار العطل في المحولات هو قوة المصدر وطريقة تأريض نقطة التعادل Earthing of the Neutral Point بالإضافة إلى مكان العطل داخل المحول .

الحماية التفاضلية لمحولات القدرة

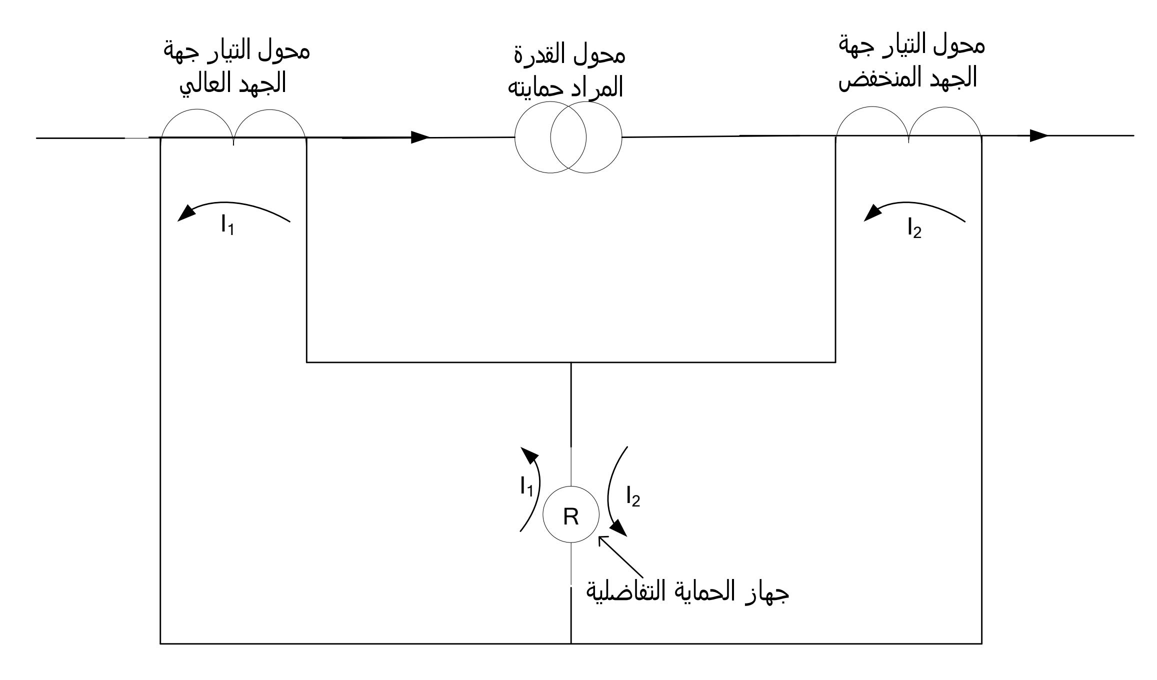
من أهم مشاكل أجهزة الحماية ضد زيادة التيار Over Current Relays المعروفة هي عدم قدرتها على تمييز مكان العطل Fault location خاصة في الشبكات المغذاة من جهة واحدة (Radial Network) حيث سيظل جهاز الـ Over Current عاجزا عن تمييز مكان العطل وهل هو داخل العنصر المراد حمايته أم خارجه ؟ لأنه لمجرد زيادة تيار على قيمة الضبط فإن الـ O/C Relay يعمل بغض النظر عن مكان هذا العطل. كل هذه المشاكل وغيرها كانت الدافع للتفكير في أسلوب حماية جديد وهو ما عرف بالحماية التفاضلية Differential Protection التي تتميز بالقدرة على التمييز بين الأعطال داخل منطقة الحماية وخارجها ولذا فهي تعرف أحيانا بحماية الوحدة Unit Protection لأنها قادرة على حماية وحدة واحدة من الشبكة فقد تكون هذه الوحدة هي المولد نفسه وقد تكون المحول وربما كانت إحدى خطوط النقل وفي كل الأحوال فإن الـ Differential Relay لن يعمل إلا كان العطل داخل العنصر المراد حمايته فقط .

و تركب الحماية التفاضلية على المحولات بقدرة 5 م ف أ فأكثر,حيث أن تركيبها على المحولات أقل من قدرة 5 م ف أ يعتبر مكلفا.

وفي هذا الفصل نقدم شرحا وافيا لفكرة عمل هذا النوع من الحماية وكيفية ضبطه وأهم المشاكل التي يواجهها وسبل التغلب على هذه المشاكل .

المبادئ الأساسية للحماية التفاضلية

الفكرة الأساسية لهذا النوع من الحماية تتضح من الشكل رقم (1) وكما هو واضح فإن التيار الداخل إلى جهاز الحماية هو الفرق بين التيار الداخل I_1 للعنصر المراد حمايته والتيار الخارج I_2 من نفس العنصر وهو ما يساوي I_1-I_2 و يسمى هذا التيار بـ Differential Current ففي الظروف الطبيعية بدون أعطال لابد أن يكون التيار الداخل لجهاز الحماية(I_1-I_2) يساوي صفرا أما في حالة وجود عطل داخل العنصر المراد حمايته فإن تيار الدخول حتما سيختلف عن تيار الخروج ويحدث فرقا يسبب تشغيل جهاز الحماية .



شكل رقم (1): الفكرة الأساسية للحماية التفاضلية

ومن هذا الشرح البسيط يكمن فهم معنى تسميته الحماية التفاضلية Differential Protection لأن الجهاز – كما هو واضح - ينظر دائما إلى (الفرق) بين تيار الدخول والخروج لاحظ أيضا أن حدود المنطقة المحمية تتحدد بمحولي التيار.

و يلاحظ أيضا أن الجهاز لا يتأثر بالأعطال الخارجية External Faults وهي التي تقع خارج حدود العنصر المراد حمايته فرغم أنه من الممكن مرور تيار عالي خلال العنصر المراد حمايته بسبب هذا العطل الخارجي فإن تيار الدخول للعنصر سيظل مساويا لتيار الخروج وبالتالي فالتيار الداخل للـ Differential Relay سيساوي صفرا وبالتالي هو لا يتأثر بـالـ External Faults . ومن هنا جاءت تسميته باسم Unit Protection لأنه يحمي وحدة واحدة فقط .

المشاكل العملية التي تواجه الحماية التفاضلية

تجدر الإشارة إلى أن نظام الحماية الذي شرح في الجزء السابق يعاني عدة مشاكل عمليه تستلزم إدخال بعض التعديلات.

أولى هذه المشاكل أن تيار الدخول يختلف فعلا عن تيار الخروج حتى في الظروف الطبيعية ولا يساوي صفرا وذلك لعدة أسباب:

- منها عدم تماثل محولي التيار, فحتى لو كانا من شركة واحدة فسيظل بينهما فروق تجعل التيار في الجانب الثانوي لكل منهما مختلفا عن الآخر , حتى لو كان التيار الابتدائي مساويا تماما وهذا يعزى أحيانا لعيوب التصنيع والأمر أكثر صعوبة في حالة تشبع أحد المحولين .

- تتم حسابات الحماية التفاضلية باعتبار أن محول القدرة يعمل على الخطوة التي عندها يكون الجهد الداخل عليه هو الجهد المقنن و لكن لظروف الشبكة قد تتغير الخطوة حتى يعطي المحول جهدا يفي بمتطلبات الحمل و في هذه الحالة تختلف نسبة عدد لفات محول القدرة عن الحسابات التصميمية و من ثم يلزم رفع القيم التي يتم عندها اشتغال جهاز الحماية التفاضلية حتى لا يشتغل عند أي من خطوات مغير الجهد للمحول تحت ظروف الحمل العادي.

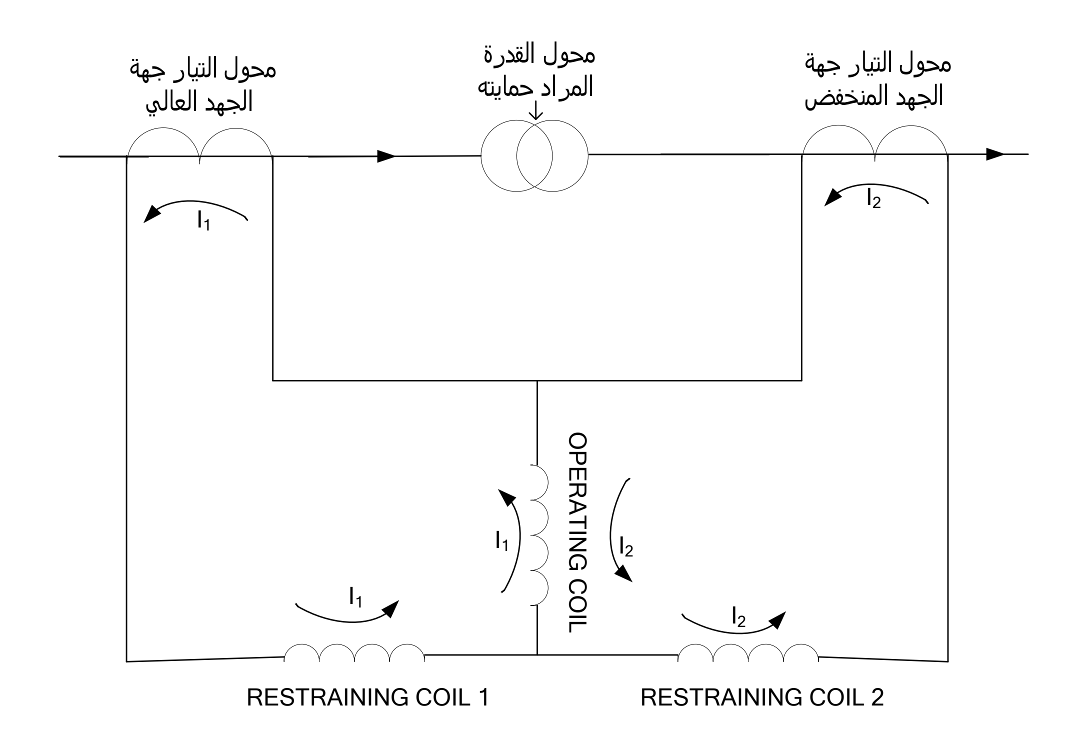
- ومن هذه الأسباب أيضا وجود مكثفات شاردة Stray Capacitance في العنصر المراد حمايته قد تكون بسبب الكابلات أو العوازل في العنصر المراد حمايته وهذه المكثفات يتسرب من خلالها جزء من تيار الدخول إلى الأرض (و هذا هو سبب التسمية بالتيارات الشاردة) مما يترتب عليه اختلاف تيار الدخول عن تيار الخروج حتى لو فرض أن محولي التيار متماثلان تماما .

- وهناك سبب رابع وهو أنه عند حدوث عطل خارجي فهناك احتمال أن يحدث تشبع Saturation لأحد محولي التيار مما يترتب عليه انخفاض قيمة التيار الثانوي الخارج من هذا المحول بدرجة كبيرة رغم ارتفاع التيار في جانبه الابتدائي (يمكن فهم ذلك من دراسة ظاهرة تشبع محولات التيار) .وعلى هذا سيحدث لا محالة فرق كبير بين تياري الدخول والخروج قد يترتب عليه حدوث فصل خاطئ .

جهاز الحماية التفاضلية النسبي

Biased / percentage Differential Protection

ولعلاج هذه المشاكل فقد أجريت على الفكرة المبسطة التي قدمت في شكل رقم (1) عدة تعديلات لتصبح في صورة معدلة - كما في شكل رقم(2).



شكل رقم (2): الحماية التفاضلية بعد تطويرها بإضافة ملفي الإعاقة

<u>الآن جهاز الحماية يمر فيه عدة تيارات مختلفة:</u>

<u>الأول</u> وهو الـ Differential Current ويساوي (I_1-I_2) ويسمى أيضا تيار التشغيل Operation Current ويمر في ملف التشغيل Operating Coil (الملف الرأسي في الشكل 2) لكن الجديد الآن أن العزم الناتج عن هذا التيار سيجد عزما مقاوما Restraining Torque ناشئا من **<u>تيارين آخرين</u>** منفردين كل منها يساوي :

$$\left(\frac{I1+I2}{2}\right) * N$$

حيث N هي عدد لفات ملف المقاومة Restraining Coil (الملف الأفقي في شكل 2) ويسمى هذا التيار بالـ Mean Through Current , وسينتج عزما مقاوما يتناسب مع قيمة هذا التيار.

فإذا تغلب عزم التشغيل على عزم المقاومة فسيقوم الجهاز بفصل المحول والعكس بالعكس وعادة يكون عدد لفات ملف المقاومة اقل من عدد لفات ملف التشغيل.

لاحظ الآن انه في حالة حدوث فرق بسيط (فرق طبيعي) بين تياري الدخول والخروج فلن يتسبب في أي مشكله وكذلك لو نشأ هذا الفرق بسب عدم تماثل محولي التيار والسبب في ذلك يتضح من المثال العددي الآتي :

مثال 1 :

لو فرضنا أن $I_1 = 5A$ وأن $I_2 = 4.5A$ فإن عزم التشغيل يتناسب مع تيار يساوي :

$$I_{op} = (5 - 4.5) = 0.5\ A$$

كما ان عزم المقاومة سيتناسب مع تيار يساوي :

$$I_{Res} = (5 + 4.5)/2 = 4.75A$$

وبالتالي فرغم وجود فرق يصل إلى 0.5 أمبير بين تياري الدخول والخروج فان الجهاز ظل ثابتا لا يعمل وهذا هو المطلوب منه فعلا في مثل هذه الحالات. أما إذا كان العطل داخل المحول المراد حمايته فينشأ فرق كبير بين تياري الدخول والخروج .. فمثلا قد يصبح : $I_2 = 1$ A & $I_1 = 20$ A

فعندما يصبح عزم التشغيل يتناسب مع تيار يساوي :

$$I_{op} = 20 - 1 = 19\ A$$

بينما عزم المقاومة يتناسب مع تيار يساوي :

$$I_{Res} = (20+1) / 2 = 10.5A$$

وبالتالي يحدث فصل للدائرة كما هو مطلوب فعلا , ويسمى الجهاز بعد هذه التعديلات Percentage Differential Relay ويسمى أيضا Biased Differential Relay.

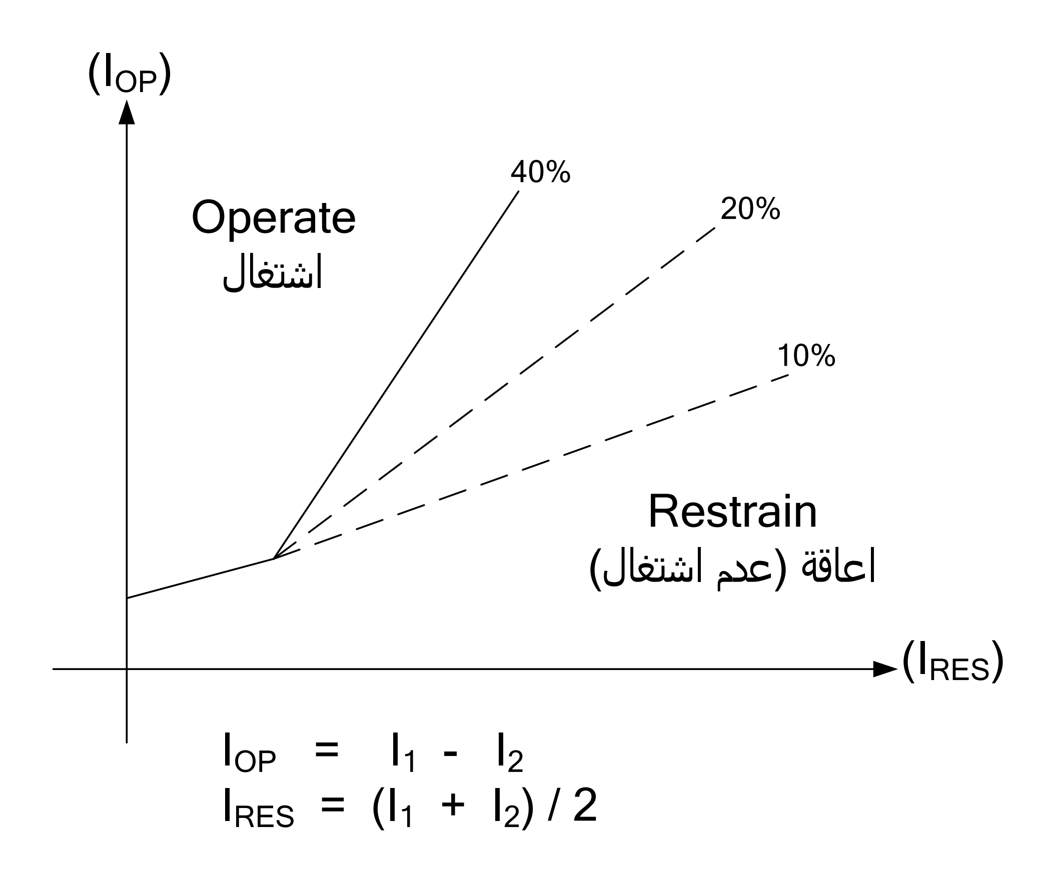
ملحوظة : في حالة العطل الداخلي هناك احتمالان :

1. أن يكون هناك تغذيه من الاتجاهين وعندها سيكون التيار المار في Op. Coil هو مجموع التيارين لأن التيار ينعكس اتجاهه في محول التيار الثاني.
2. أن تكون التغذية من جانب واحد فقط و هي الحالة الأصعب حيث لا توجد تغذيه من الجهة الأخرى ففي هذه الحالة سيتوزع تيار العطل بين الـــ Short Circuit , وبين الحمل لكنه في الغالب يكون هناك فرق يكفي للتشغيل .

ضبط الميل في جهاز الحماية التفاضلية النسبي

Slope adjustment in Biased Differential Relays

العلاقة بين تيار التشغيل وتيار المقاومة في هذا النوع تظهر كما في الشكل رقم (3) , حيث يلاحظ في هذا النوع أن تيار التشغيل I_{op} لابد أن يتجاوز نسبه مئوية ثابتة من تيار الإعاقة I_{Res} .



$$I_{OP} = I_1 - I_2$$
$$I_{RES} = (I_1 + I_2) / 2$$

شكل رقم (3): العلاقة بين تيار التشغيل و تيار الإعاقة

وميل (Slope) هذه العلاقة يمثل بصورة غير مباشرة نسبة الأخطاء التي تمثل عدم التماثل بين تياري الدخول و الخروج ويعرف دائما بالنسبة المئوية .

$$K = I_{op} / I_{Res}$$

وهذا الـ Slope قد يكون 10% أو 20 % أو 40 % بمعنى أن تيار التشغيل يلزمه أن يكون مثلا 10 % من تيار المقاومة حتى يبدأ الجهاز في العمل . وفي بعض الأجهزة يكون الميل مكونا من جزأين كما في الشكل رقم (3) .

واضح انه كلما انخفضت قيمة الميل كان الجهاز أكثر حساسية للتشغيل . بمعنى آخر.. كلما انخفضت قيمة الميل كانت نسبة الأخطاء المتوقعة صغيره وهي التي تؤخذ عادة في الاعتبار مثل عدم تماثل CT مثلا .

لاحظ الارتفاع الصغير عن الصفر بالنسبة I_{op} عند بداية التشغيل وهو ضروري كمساحة أمان من التشغيل الخاطئ كما أنها تؤمن التغلب على الاحتكاك في الأجهزة التقليدية , وعادة يتم ضبط I_{op} للعمل على قيم صغيره جدا تبدأ من ربع أمبير .

ملحوظة:نسبة 10% قد تساوي في بعض الأجهزة حوالي 0.2 أمبير و يسمى هذا أقل تيار تشغيل Minimum Pick up Current . أما زمن التشغيل في مثل هذه الأجهزة فيتراوح بين 25 و 150 ميللي ثانية.

مثال 2:

لو فرضنا أن Differential Relay له ميل يساوي 10% - كما في الشكل رقم (4).ثم فرضنا أن عطلا داخل منطقة الحماية قد حدث خلال مقاومة عالية بحيث أن الفرق بين التيارين الداخل و الخارج لم يكن كبيرا فقد كان التيار الداخل يساوي 320 أمبير بينما التيار الخارج يساوي 304 أمبير فإذا فرضنا أن نسبة تحويل محولات التيار 5/400 أمبير. فهل سيشعر هذا الجهاز بالعطل أم لا؟

الحل:

من قيمة تياري الدخول و الخروج I_1 و I_2 يمكن حساب قيمة تياري التشغيل و المعاوقة I_{OP} و I_{Res} كما يلي :

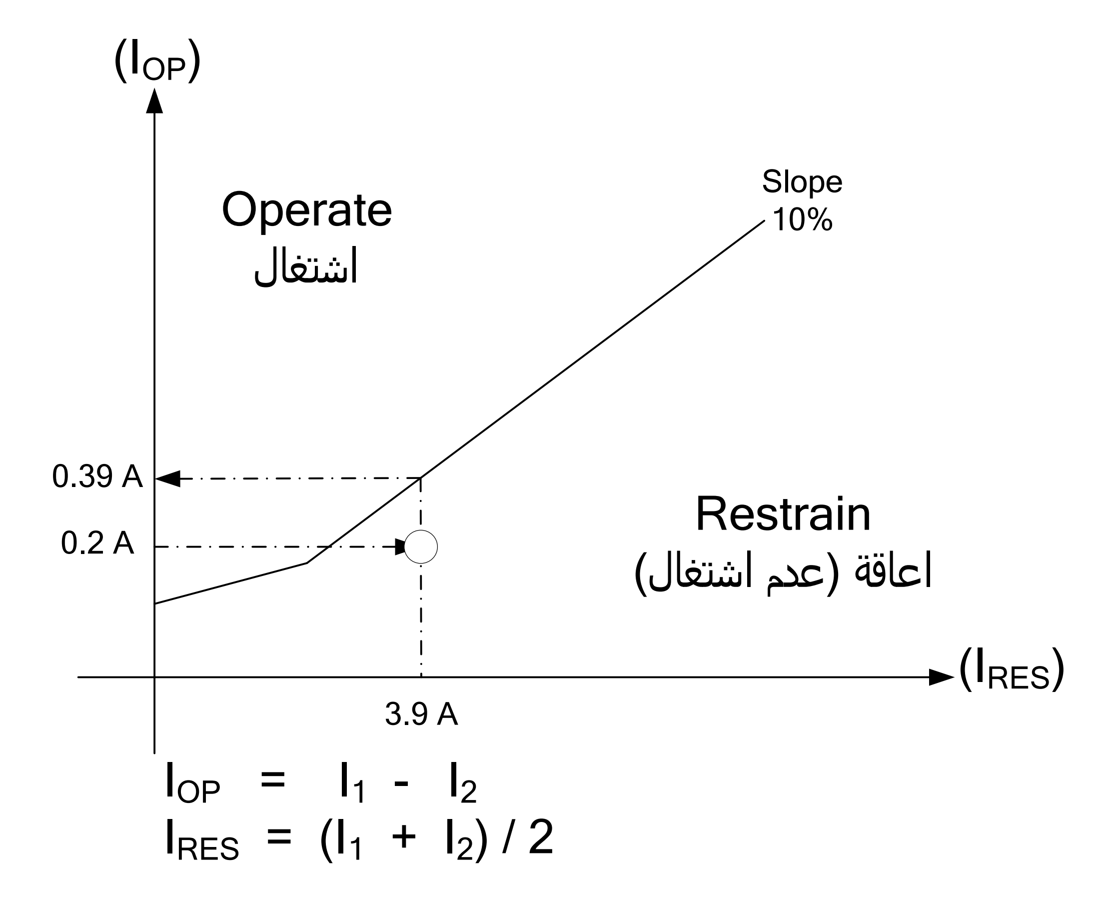
$$I_1 = \frac{320*5}{400} = 4\ Amps$$

$$I_2 = \frac{304*5}{400} = 3.8\ Amps$$

$$I_{OP} = I_1 - I_2 = 0.2\ \text{Amp}$$

$$I_{Res} = \frac{I1+I2}{2} = 3.9\ Amps$$

و بتوقيع هذه النقطة (3.9 أمبير و 0.2 أمبير) على الرسم نجد أنها تقع في منطقة الـ RESTRAINT (أسفل الخط المائل) في الشكل (4) بمعنى أن الجهاز لن يشعر بهذا العطل.



شكل رقم (4): العلاقة بين تيار التشغيل و تيار الإعاقة و الميل قدره 10%

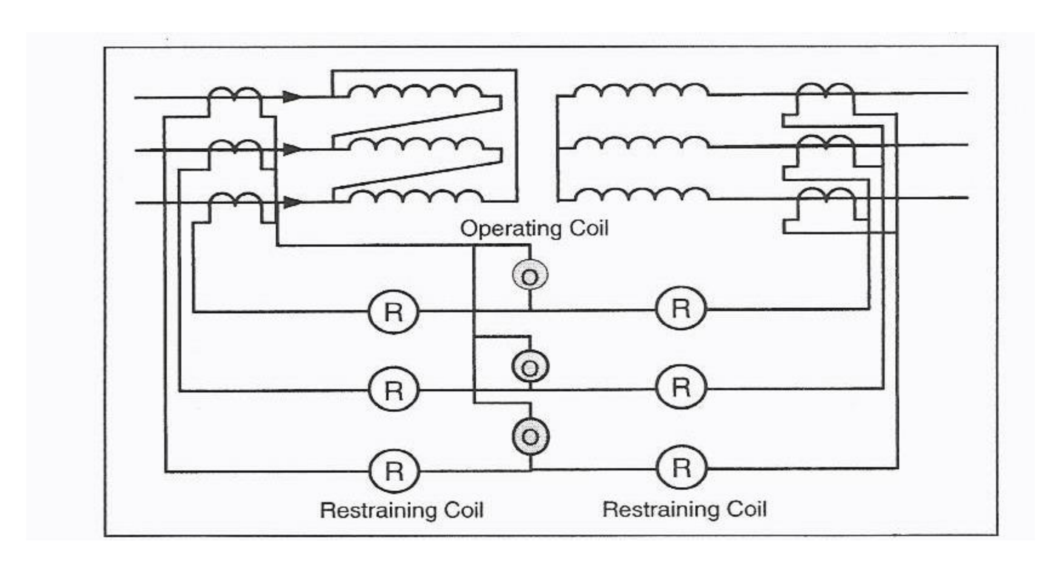
استخدام الحماية التفاضلية مع محولات القدرة

عند استخدام Differential Relay لحماية محول قوى ستظهر عدة مشاكل أخرى (بالإضافة إلى جملة المشاكل التي تم ذكرها من قبل):

- منها وجود فروق طبيعية بين التيار الداخل والخارج إلى المحول نتيجة اختلاف عدد لفات الملف الابتدائي عن الثانوي , وهذه المشكلة يمكن حلها باستخدام قيم مختلفة للـ CTR في الابتدائي عنها في الثانوي .
- ومنها أيضا أن بعض محولات القدرة تكون مزودة بما يسمى مغير النسبة Tap Changer و هو ينظم الجهد الخارج من المحول وغالبا ما يكون من النوع الذي يستخدم أثناء وجود المحول في الخدمة On-load Tap Changer , مما يترتب عليه تغيير قيمة تيار الجانب المزود بـــ Tap Changer دون حدوث تغيير في الجانب الآخر وهذا إذا لم يؤخذ في الاعتبار فانه يمكن أن يسبب فصلا خاطئا وهو يعالج باختيار Slope مناسب لتجنب أكبر خطا متوقع .
- وهناك مشكلة ثالثه تتعلق بطريقة توصيل المحولات الثلاثية وهل هي مثلا موصلة: نجمة- نجمة أو دلتا – نجمة أو نجمة – دلتا أو غيرها وكل طريقة من هذه الطرق ينشأ عنها علاقة بين التيار الابتدائي والثانوي مختلفة في القيمة والاتجاه عن الطرق الأخرى وهذا الـ Phase Shift يمكن تجاوزه بتوصيل محولات التيارCT في الجانب نجمة على شكل دلتا والعكس بالعكس كما في الشكل رقم (5) وهذه قاعدة هامة وضرورية في توصيل حماية المحولات .

ومن المعروف أن التوصيل على شكل دلتا يمنع مرور تيارات التتابع الصفرية Zero Sequence Current ولذلك فان التوصيل بهذه الطريقة : محول القوى موصل على شكل دلتا – نجمة ثم محولات التيار توصل نجمة – دلتا يفيد أيضا في منع ظهور التيارات الصفرية Zero Sequence Current في كلا الجانبين , لان توصيلة الدلتا الموجودة الآن في كل جانب ستقوم بهذه المهمة سواء كانت توصيلة الدلتا الخاصة بالمحول نفسه أو توصيلة الدلتا الخاصة بمحولات التيار.

ومن المعروف أيضا أن تيار المركبة الصفرية Zero Sequence Current يدور داخل الدلتا ولا ينتقل إلى الجانب الآخر وبالتالي فالتيار الواصل لجهاز الحماية الآن يخلو من هذه التيارات وهذا يعني أن جهاز الحماية لن يتأثر بالأعطال الخارجية الأرضية التي تتميز عادة بقيمة عالية من هذا التيار .



شكل رقم (5): توصيل محولات التيار على جانبي محول قدرة

تجدر الإشارة إلى انه هناك ملف ثالث في أغلب المحولات يسمى الـ Tertiary Winding وهو يعتبر ملفا ثالثا في المحول بالإضافة إلى الملفين الابتدائي والثانوي ويوصل دائما على هيئة دلتا ويستخدم لمرور مركبة التيار الصفريةZero Sequence Current في حالة عدم اتزان الأحمال على المحمول .

وتختلف قيمة القدرة في هذا الملف عن الملفين الرئيسين وفي كثير من الأحيان تكون قدرته ثلث قدرة الملفين الآخرين وفي أحيان كثيرة لا يتم استخدام هذا الملف لإنتاج القدرة ولكن لمرور مركبه التيار الصفرية فقط .

مثال 3 :

بفرض وجود محول بقدرة 20 ميجا فولت أمبير وجهده 110/69 ك ف كل وجه Phase على حدة بمعنى انه يمثل محولا من النوع (Single Phase) والمحول مركب عليه On-load Tap Changer يمكنه أن يغير نسبة التحويل على خطوات أثناء التحميل بنسبة أقصاها -5% إلى +5% ويراد حمايته بواسطة جهاز حماية تفاضلية Differential Relay.

والمطلوب ان نعرف :

1- كيفية اختيار قيمة CT المناسبة على جانبي المحول .
2- كيفية اختيار الميل المناسب Percentage Slope لجهاز الحماية (النسب المتاحة هي 10% , 20% , 40%).
3- تحديد ما هو اقل تيار في الابتدائي يمكنه أن يسبب تشغيل جهاز الحماية.

ملحوظة :

يزود جهاز الحماية التفاضلي بمجموعه من Input Taps ليمكنه علاج مشكلة عدم التماثل بين جانبي المحمول,وهي قيم متنوعة في قيم الدخول لكن الخروج دائما 5A في الجانب الآخر والقيم المستخدمة هنا هي 5:3 و 5:4 و 5:4.5 و 5:4.8 و 5:4.9 و 5:5 و 5:5.1 و 5:5.2 و 5:5.5 .

الحل :

1- اختيار ال CTR المناسبة في المحولات: (لاحظ أن المحول SINGLE PHASE)

أ- نحسب أولا التيارين الابتدائي I_P والثانوي I_S في الوضع الطبيعي .

$$I_P = \frac{20MVA}{69KV} = 289.8 \text{ Amps}$$

$$I_S = \frac{20MVA}{110KV} = 181.8 \text{ Amps}$$

ب-وهنا تظهر المشكلة الأولى التي اشرنا إليها سابقا وهي اختلاف تيار الابتدائي عن الثانوي حتى في الظروف الطبيعية ولذا نختار قيمه مختلفة للـ CTR في كل جانب بحيث تنتج تيارا في الثانوي اقرب إلى 5 وفي هذه الحالة فاقرب النسب القياسية للتيارات الطبيعية في هذا المثال هي:

$$CTR_P = \frac{300}{5} \text{Amps}$$

$$CTR_S = \frac{200}{5} \text{Amps}$$

وباستخدام هذه النسب سيكون :

$$I'_P = 289.8 \times \frac{5}{300} = 4.83\ Amps$$

$$I'_s = 181.8 \times \frac{5}{200} = 4.54\ Amps$$

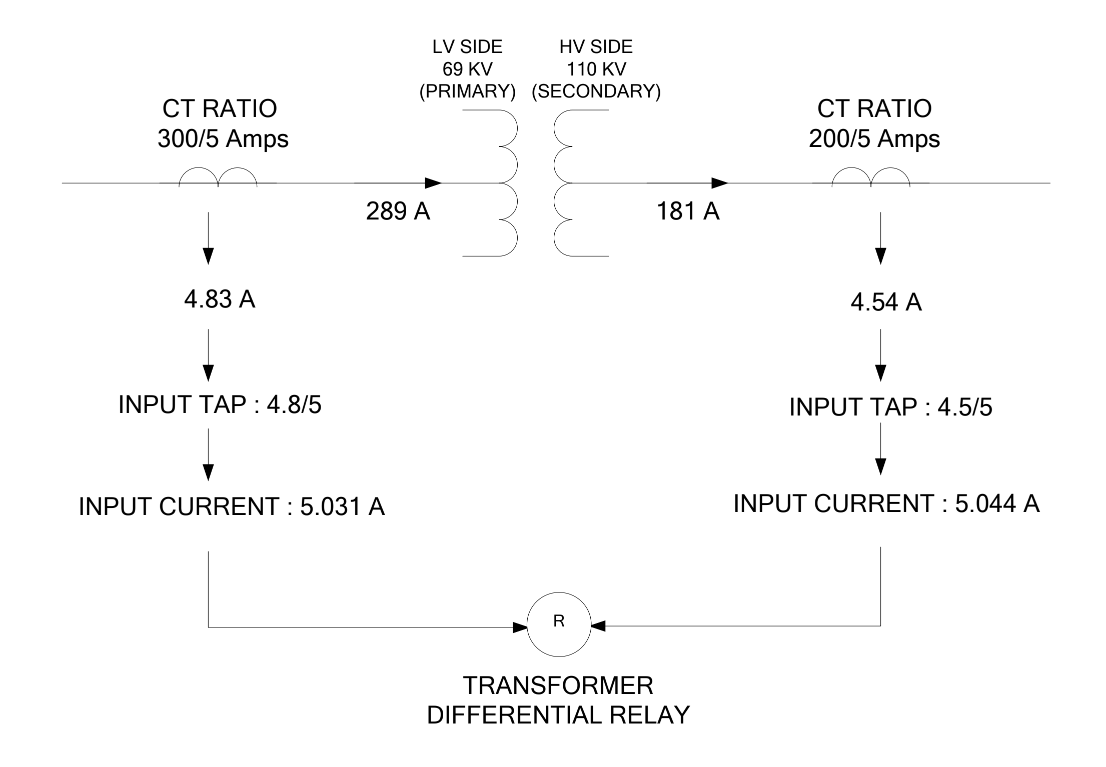
ج- وهنا تظهر مشكلة جديدة وهي أن قيم التيار في الجانبين لا تزال متباعدة رغم استخدام CTRS مختلفة وبالتالي تظهر أهمية وجود Input Taps ذات القيم المختلفة بجهاز الحماية لتعديل قيم تياري الجانبين بمعنى نستخدم مع الابتدائي TAP = 4.8/5 فيصبح التيار الداخل لجهاز الحماية يساوي :

$$I'_P \text{ (modified)} = \frac{4.83}{4.8} \times 5 = 5.031 \text{ Amps}$$

ونستخدم في الجانب الأخر من جهاز الحماية 4.5/5 = TAP فيصبح

$$I'_s\text{ (modified)} = \frac{4.54}{4.5} \times 5 = 5.044\text{ Amps}$$

وبالتالي فنسبة الخطأ الآن نتيجة اختلاف نسبة التحويل في المحول تصل إلى 0.013 أمبير فقط . وتسلسل خطوات الحساب يظهر في الشكل رقم (6) .



شكل رقم (6): حسابات جهاز الحماية التفاضلية للمثال رقم 3

2- اختيار الميل المناسب

كما سبق فان Biased Differential Relays تتميز بوجود أكثر من Slope و ذلك حتى يتم اعتبار حجم الفروق الطبيعية المتوقعة بين تياري الابتدائي والثانوي .
على سبيل المثال فانه وحتى نأخذ الـ Tap Changer في الاعتبار فإننا نفترض انه حدث تغير قي Tap Changer للمحول وصل إلى القيمة القصوى وهي 5% , وهذا يعني أن تيار احد الجانبين فقط قد تغير بنسبة 5% , وبالتالي تصل نسبة الخطأ الكلي بين تياري جهاز الحماية حسب هذا المثال إلى 5.3% , حيث وصلنا إلى أن الفرق بين التيارين وبعد استخدام Input Taps قد وصل إلى 0.3% . فإذا أخذنا في الاعتبار أن هناك عيوبا في تصنيع CT تسبب نوعا من عدم التماثل بينهما قد يصل إلى 10% فيصبح الخطأ الكلي الآن 15.3% . وإذا

أضفنا مساحة أمان في حدود 5% أخرى تصبح نسبة الخطأ بين التيارين الداخلين لجهاز الحماية في حدود20% وعلى هذا فانسب ميل هو 20% (راجع الشكل رقم (3)).

-3 اختيار قيمة الـــ Pick up

أما اقل تيار للتشغيل Pick up فغالبا ما يتم اختيار اقل تيار تشغيل متاح في الجهاز وهو ربع أمبير (وهو الفرق بين تياري الدخول والخروج في اغلب الأجهزة المتاحة) وهذا معناه أن اقل تيار في الجانب الابتدائي – بفرض إن تيار الثانوي يساوي صفرا – يمكنه أن يسبب تشغيلا للجهاز يساوي ربع أمبير وهي قيمه تعادل في الجانب الابتدائي القيمة التالية :

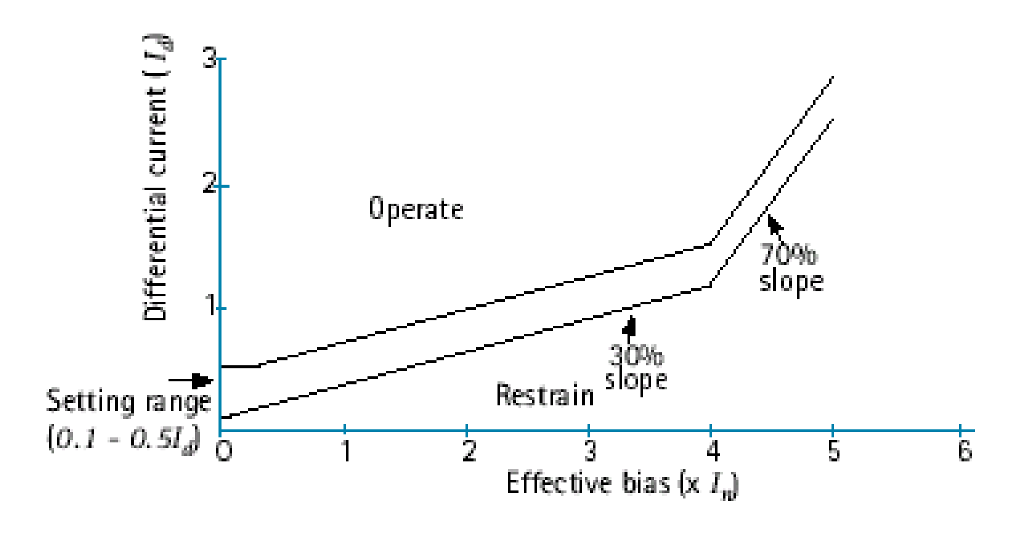
$$I_{OP} = \frac{1}{4} \times \frac{4.8}{5} \times \frac{300}{5} = 14.44\ Amps$$

ويفهم من هذه القيمة (التي هي اقل من التيار الطبيعي) أن العطل قد حدث أثناء عدم تحميل المحول و إلا فلو حدث العطل أثناء التحميل لكان تيار العطل اكبر من ذلك بكثير. ومعنى هذه القيمة أيضا أن أي عطل يمكن أن ينشئ تيارا في الجانب الابتدائي اقل من 14.4 أمبير فلن يحس به الجهاز . وبالمثل فان أي عطل ينشئ فرقا بين تيار الابتدائي وتيار الثانوي اقل من 14.4 أمبير فلن يشعر به الجهاز .

خواص منحنيات الميل Bias Characteristic

يتم عمل ميل Bias في خواص جهاز الحماية التفاضلية للمحول لنفس الأسباب التي تراعى في أية حماية تفاضلية أخرى و هي أن يظل النظام متزنا في حالة حدوث الأعطال خارج منطقة الحماية بينما تزيد حساسية النظام حالة حدوث الأعطال داخل منطقة الحماية.و يزداد الموقف تعقيدا بوجود مغير الجهد في المحولات Tap Changer حيث أن استخدام محولات تيار (CT) {Current Transformers} و محولات تيار وسيطة (IPCT) {Interposing CT} ذات نسب خاصة و محسوبة بدقة لضمان تمام الاتزان عند الخطوة المقننة Nominal Tap لمحول القدرة و يترتب على ذلك مرور تيار في ملف التشغيل لجهاز الحماية التفاضلية عند عمل محول القدرة على خطوة أخرى غير الخطوة المقننة و تبدو الحالة لجهاز الحماية التفاضلية كما لو كان هناك عطل داخلي في ملفات محول القدرة .و من هنا يجب اختيار الميل بحيث لا يحدث عملا لجهاز الحماية عند اشتغال محول القدرة على الخطوات العليا أو الدنيا و بفرض نسب الخطأ في محولات التيار المستخدمة في قيمتها القصوى.

و أجهزة الحماية التفاضلية الحديثة تستخدم منحنيات خواص من ثلاثة أقسام, القسم الأول لضمان عدم اشتغال جهاز الحماية عند مرور تيار المغنطة (عند توصيل المحول من جهة واحدة فقط). و القسم الثاني لضمان عدم اشتغال جهاز الحماية عند عمل المحول على خطوة أخرى غير الخطوة المقننة. و القسم الثالث لضمان عدم اشتغال جهاز الحماية على الأعطال الشديدة خارج منطقة الحماية.



شكل رقم (7): منحنى خواص عملي (واقعي)

ضبط المحولات ثلاثية الأوجه

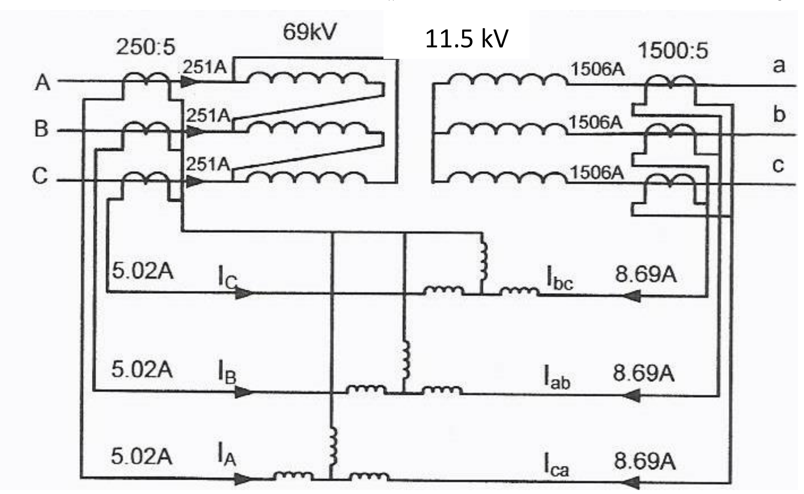
أما في حالة توصيل المحول الثلاثي الأوجه بطريقة دلتا – ستار فان الشيء الوحيد الذي سيختلف عن المثال السابق هو أننا نحتاج إلى استخدام CT في جانب ستار موصلة على شكل دلتا و CT في جانب دلتا على شكل ستار . مع ملاحظة أن Line Currents في الجانب دلتا يزيد دائما بمقدار 3 √ عن نظيره في الجانب ستار وهذا أيضا يجب أن يؤخذ في الاعتبار عند اختيار نسب تحويل تيار على جانبي المحول كما في المثال التالي .

<u>مثال 4 :</u>

لو فرضنا أن لدينا محولا ثلاثي الأوجه قدرته 30 ميجا فولت أمبير بجهد 11.5 / 69 ك ف موصلا بطريقة الـــ Dy كما في الشكل رقم (8) والمطلوب حساب نسبة التحويل المناسبة للـــ CT في كلا الجانبين وطريقة توصيلهم علما بأن القيم المتاحة لمحولات التيار هي (من 50/ 5 أمبير إلى 5/2500 أمبير). كما يراد ضبط جهاز الحماية التفاضلي لهذا المحول علما بأن Input Taps المتاحة فيه هي :(5:5 , 5.5:5 , 5:6 , 5:6.6 , 5:7.3 , 5:8 , 5:9 , 5:10)

الحل :

في الشكل رقم (8) تظهر طريقة توصيل CT في كلا الجانبين .



شكل رقم (8): طريقة توصيل محولات التيار لمحول قدرة موصل Dy

1- الخطوة الأولى دائما هي حساب التيارات الطبيعية (عند الحمل الكامل) .

$$I_L(69KV) = \frac{30\ MVA}{\sqrt{3}x69\ KV} = 251\ Amps$$

$$I_L(11.5KV) = \frac{30\ MVA}{\sqrt{3}x11.5\ KV} = 1506.13\ Amps$$

2- الخطوة الثانية هي اختيار CTR

ففي جانب 11.5 ك ف يكون CTR المناسبة هي 5/1500 أمبير (أقرب قيمة قياسية إلى 1506.13أمبير).

ولحساب CTRالمناسبة في الجانب الأخر(جانب 69 ك ف) يراعى أن نختار قيمة تنتج تيارا في الجانب الثانوي من CT مماثلة لتيار الثانوي الموجود في CT في الجانب الأخر (جانب 11.5 ك ف) , مع الأخذ في الاعتبار أن جانب 11.5 ك ف توصل ال CT فيه على شكل دلتا ومعلوم أن التيار الخارج من الدلتا تزيد قيمته عن تيار الملفات بمقدار √3 لأنه (Line current) .

وهناك طريقتان لاختيار CTR على الجانب الآخر لمحول القدرة .

الطريقة الأولى (طريقة تساوي التيارين الثانويين الداخلين إلى جهاز الحماية عند الحمل الطبيعي للمحول):

تكون معادلة التساوي بين تياري الثانوي لمحولات التيار على جانبي المحول كالأتي:

$$(1506.13\ x\ \frac{5}{1500})_{phase}\ x\ \sqrt{3} = 251\ x\ \frac{5}{X}$$

ومنها نجد أن X=144 أي أن النسبة المناسبة هي 5/150 أمبير (أقرب قيمة قياسية إلى 144) .

لاحظ أن اختيار هذه القيمة سيسبب مرور تيار عال دائما (أعلى من 5 أمبير) حتى في الظروف الطبيعية لان التيار الطبيعي يساوي 250 أمبير ولحل هذه المشكلة يفضل استخدام الطريقة الثانية .

الطريقة الثانية (طريقة مرور التيار المقنن إلى جهاز الحماية عند الحمل الطبيعي للمحول):

نظرا لأنه دائما يفضل مرور تيار مقداره يقترب عند التحميل الطبيعي من 5 أمبير فإننا نختار نسبة 5/250 أمبير لقربها من الحمل الطبيعي للمحول (251 أمبير) ثم نعالج الفرق بين التيارين الداخلين إلى جهاز الحماية (الذين سيصبحان بعد اختيار نسبة 5/250

متباعدين في القيمة تماما) باختيار Current Taps مناسبة لتعويض هذا الفرق وعلى هذا يصبح التيار الموجود في جهة الـ 69 ك ف يساوي

$$251 \ \ x \ \ \frac{5}{250} = 5.02\ Amps$$

في حين أن التيار الموجود في جهة 11.5 ك ف يساوي

$$1506 \ \ x \ \ \frac{5}{1500}\ x\sqrt{3} = 8.69\ Amps$$

ولذا نختار Input Tap في جانب 11.5 ك ف تساوي 5/9 أمبير، ليصبح التياران الداخلان إلى جهاز الحماية الآن تقريبا متساويين. لاحظ مرة أخرى أهمية وجود Input Taps في جهاز الحماية لعلاج مثل هذه المشكلة.

استخدام محولات تيار وسيطة مع جهاز الحماية التفاضلية

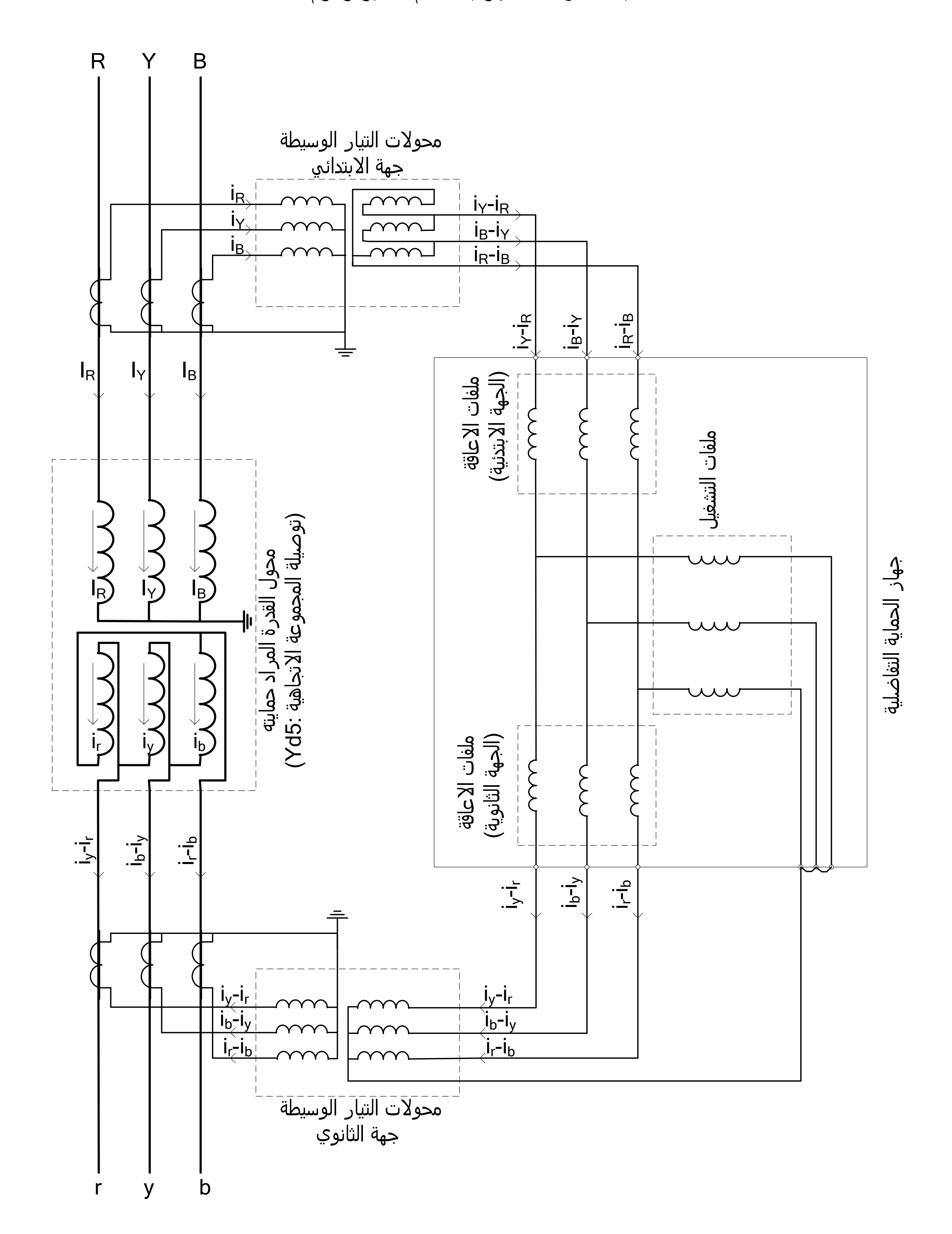
و كل أجهزة الحماية التفاضلية الحديثة لا يوجد بها مداخل مختلفة للتيار Input taps حيث يتم استخدام أحد طريقتين :-

الطريقة الأولى:- استخدام محولات تيار وسيطة INTERPOSING CTS و أحيانا تسمى MATCHING CTS لمعالجة الاختلاف MISMATCH في قيمة التيارات الداخلة لجهاز الحماية التفاضلية من حيث القيمة (حيث أن التيارات دائما غير متساوية على جانبي محول القدرة) و الاتجاه (في حالة أن توصيلة المجموعة الاتجاهية لمحول القدرة نجمة- دلتا أو دلتا- نجمة).

الطريقة الثانية:- استخدام أجهزة حماية رقمية يتم توصيل التيارات الثانوية لكل من محولات التيار على جانبي محول القدرة إلى الجهاز كما يتم تزويد الجهاز بمقنن محول القدرة و نسبة محولات التيار على الجانبين و كذا المجموعة الاتجاهية لمحول القدرة و يقوم جهاز الحماية بعمل اللازم على قيم التيارات من حيث القيمة و الاتجاه لتحديد حالة التشغيل الطبيعي للمحول من حالة العطل.

ففي الشكل رقم (9) يظهر كيف يتم استخدام محولات تيار وسيطة مع جهاز الحماية التفاضلية لحماية محول قدرة موصلYd5. حيث يتم توصيل محولات التيار الوسيطة على الجهة الابتدائية لمحول القدرة وفق المجموعة الاتجاهية Yd5 و يتم توصيل محولات التيار الوسيطة على الجهة الثانوية لمحول القدرة وفق المجموعة الاتجاهية Yy0.

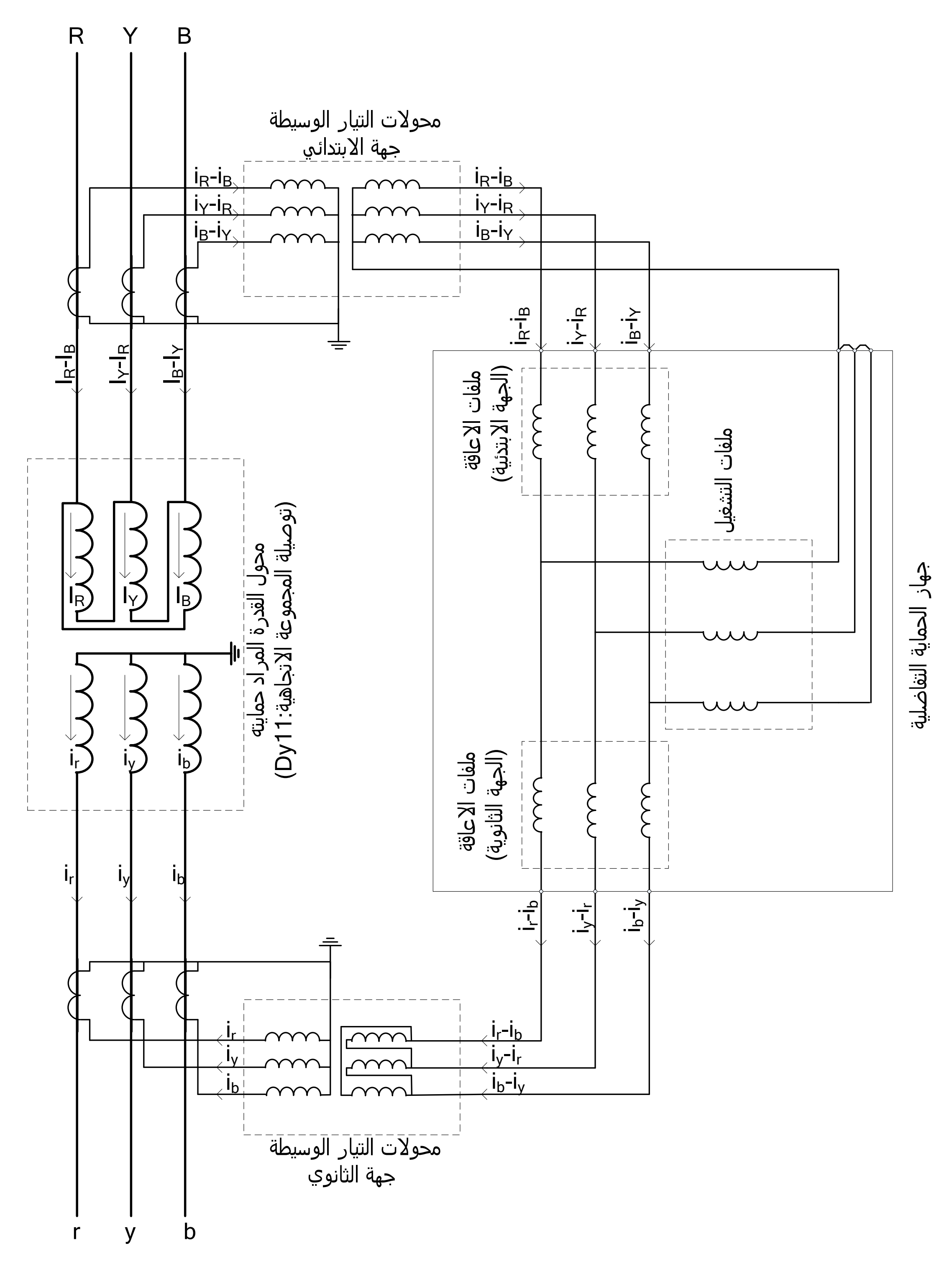
و باستخدام نسب تحويل دقيقة لمحولات التيار الوسيطة يتبين أن التيار الداخل لجهاز الحماية التفاضلية يساوي في القيمة و يضاد في الاتجاه التيار الخارج من جهاز الحماية التفاضلية و بذلك يحدث الاتزان و لا يمر تيار تقريبا إلى ملفات التشغيل بجهاز الحماية التفاضلية.



شكل رقم (9): استخدام محولات تيار وسيطة مع جهاز الحماية التفاضلية لحماية محول قدرة موصلYd5

و في الشكل رقم (10) يظهر كيف يتم استخدام محولات تيار وسيطة مع جهاز الحماية التفاضلية لحماية محول قدرة موصل Dy11. حيث يتم توصيل محولات التيار الوسيطة على الجهة الابتدائية لمحول القدرة وفق المجموعة التجاهية Yy0 و يتم توصيل محولات التيار الوسيطة على الجهة الثانوية لمحول القدرة وفق المجموعة التجاهية Yd1.

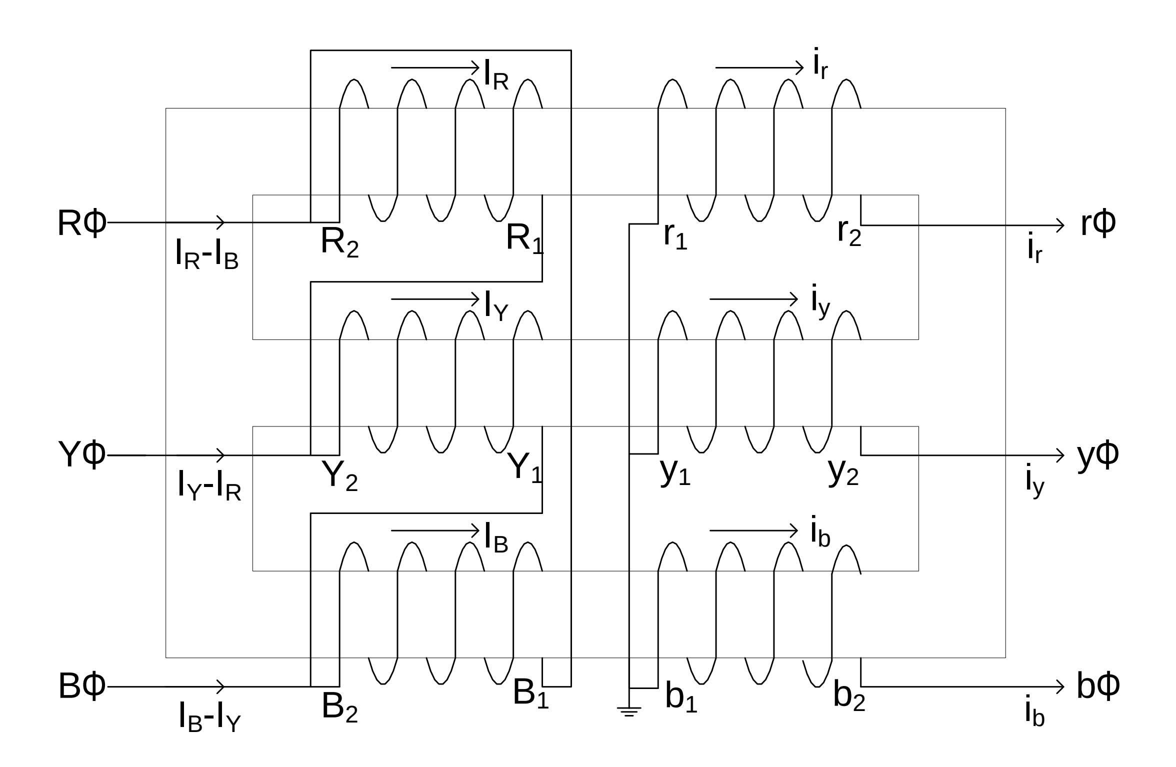
و باستخدام نسب تحويل دقيقة لمحولات التيار الوسيطة يتبين أن التيار الداخل لجهاز الحماية التفاضلية يساوي في القيمة ويضاد في الاتجاه التيار الخارج من جهاز الحماية التفاضلية و بذلك يحدث الاتزان و لا يمر تيار تقريبا إلى ملفات التشغيل بجهاز الحماية التفاضلية.



شكل رقم (10): استخدام محولات تيار وسيطة مع جهاز الحماية التفاضلية لحماية محول قدرة موصل Dy11

أنواع المجموعة الاتجاهية (Vector Group) لتوصيل المحولات

من المعروف أنه في المحولات ثلاثية الأوجه Three Phase فإن كل وجهين متماثلان على سبيل المثال Phase R للجانب الابتدائي و Phase r للجانب الثانوي يتم عند التصنيع وضعها فوق بعضهما على عمود واحد كما في الشكل رقم (11) .



شكل رقم (11): كيفية تصنيع محولات القدرة ثلاثية الأوجه

لاحظ في الشكل رقم (11) عدم وجود Phase Shift بين تياري الجابين ويتأكد ذلك من طريقة رسم الملفات الـ Y التي رسمت بزاوية لينطبق الاتجاه فيها مع الاتجاه في ملفات الدلتا المناظرة .

وعادة يتم التعبير عن طريقة توصيل الملفات الابتدائية والثانوية في المحولات بصورة من مثل الصورة التالية : Yy , Yd , Dy, Dd وغالبا يظهر رقم بجوار نوع التوصيلة على سبيل المثال Dy1 , Dy11 , Dy5 وهكذا وهو ما يعرف بـ Vector Group وهذا الموضوع يعتبر من النقاط الأساسية التي يجب تحديدها لضمان صحة أداء الحماية التفاضلية Differential Relays وعدم تأثرها بهذا الـ Phase Shift الطبيعي . وسنوضح هنا معاني الرموز السابقة من خلال الملاحظات التالية :

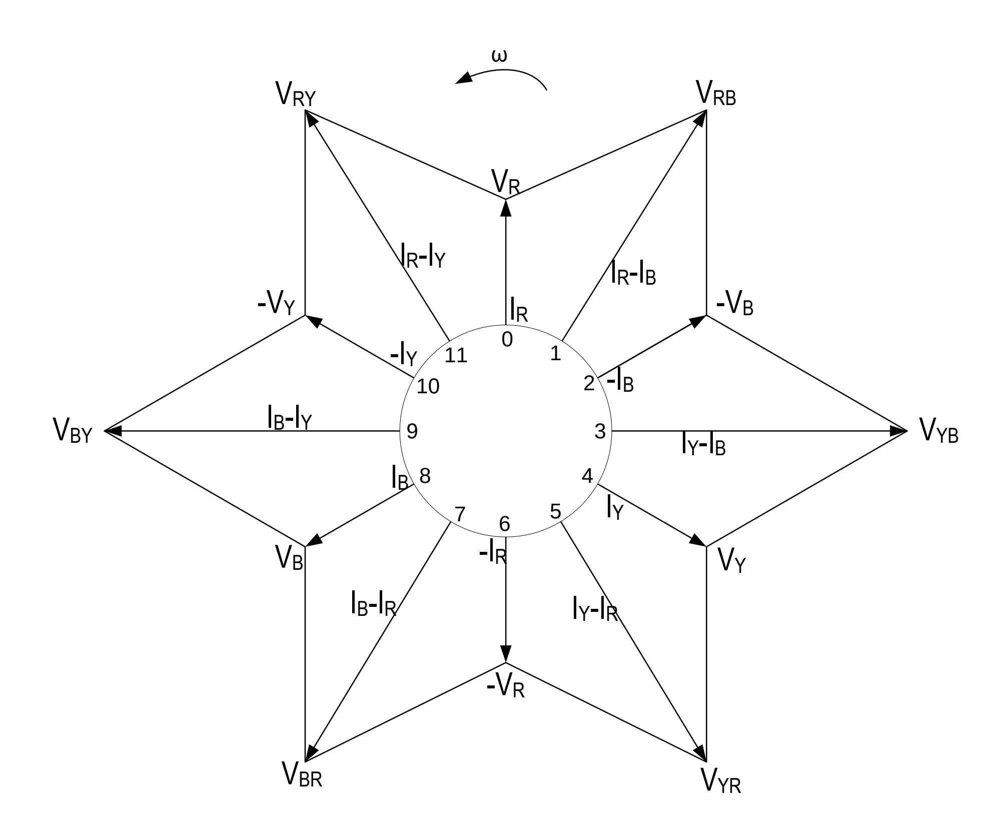
1- إذا كان الجانبان الابتدائي والثانوي لهما نفس طريقة التوصيل – كلاهما ستار Y على سبيل المثال – فإن الرقم الذي يستخدم هو من الأرقام الزوجية فقط ... على سبيل Yy0 , Yy2 , Yy4 وهكذا . أما إذا اختلف الابتدائي عن الثانوي فنستخدم الأرقام الفردية مثل Dy1 , Dy3 , Dy5 , , Dy11 وهكذا . لاحظ دائما أن كل ضلع من أسهم الــ Y الثلاثة لابد أن يوازي ضلعا في مثلث الدلتا .

2- إذا تخيلنا الأرقام قد كتبت على نسق الساعة كما في الشكل رقم (12) وأن كل رقم من أرقام الساعة الإثني عشر يكافئ Phase Shift قدره 30 درجة . على سبيل المثال Dy1 تعني وجود Phase Shift قدره 30 درجة بين ملفات جانبي المحول , أما Dy3 فتعني وجود 90 درجة بين الجانبين والرقم 11 يكافئ قدره يكافئ قدره 330 درجة , وهكذا . مع ملاحظة أن جميع الزوايا تقاس في اتجاه عقارب الساعة .

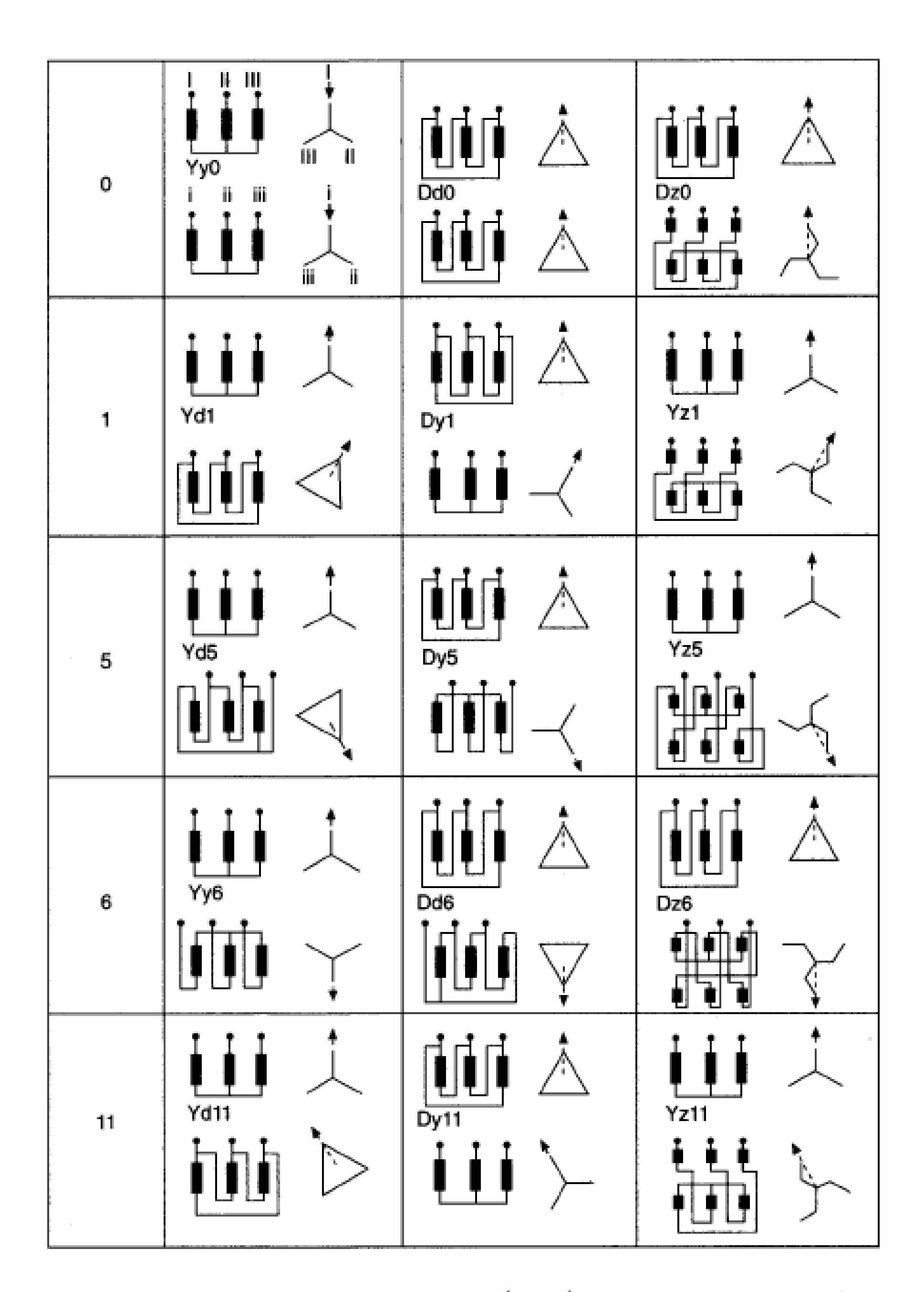
3- تكتب المجموعة الاتجاهية بحيث يكون الحرف الأول بالحجم الكبير Capital ثم يأتي الحرف الثاني بالحجم الصغير Small و أخيرا تأتي المجموعة الاتجاهية و هي تعبر عن الزاوية بين تيار الخط الابتدائي و تيار الخط الثانوي و تقاس في اتجاه عقارب الساعة بدءا من تيار الخط الابتدائي.

وبناء على هذه القواعد يمكن القول الآن أن التوصيلة Yd5 مثلا تعني أن الملفات الابتدائية موصلة على طريقة ستار و الملفات الثانوية موصلة على طريقة دلتا و التيار في الخط الابتدائي متقدم على التيار في الخط الثانوي بمقدار قدره 150 درجة.

و الشكل رقم (13) هو جدول يبين أكثر أنواع توصيلات محولات القدرة استخداما.



شكل رقم (12): العلاقة بين المجموعة الاتجاهية لتوصيل محول القدرة و عقارب الساعة



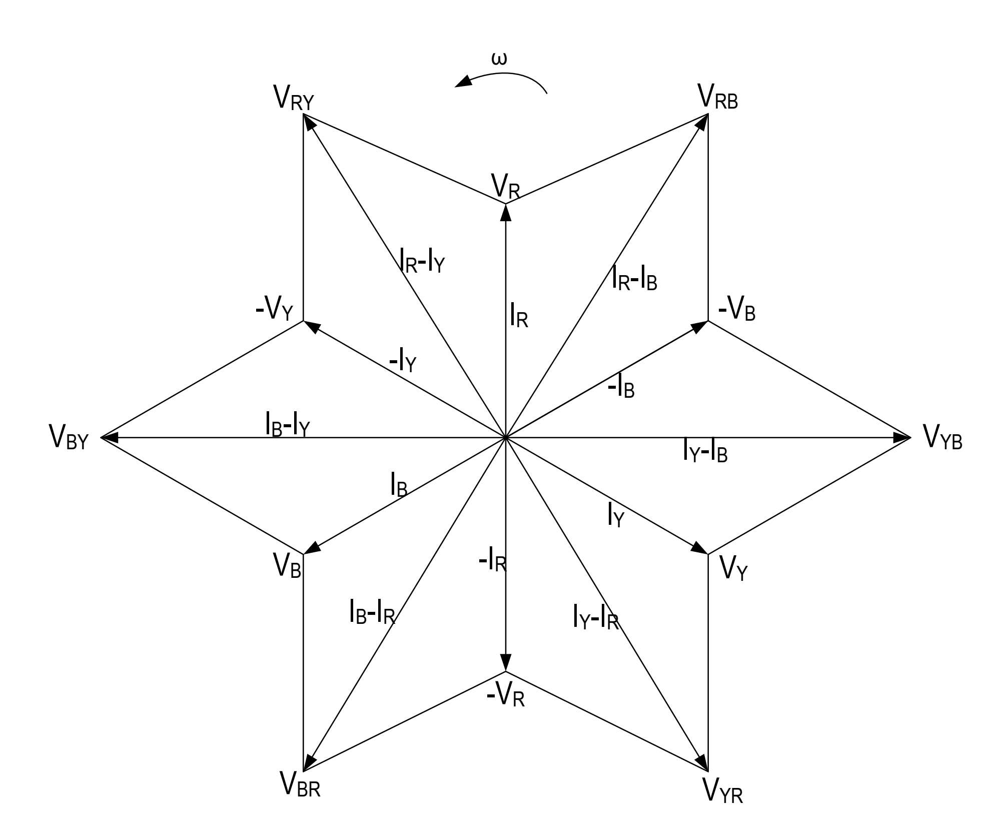
شكل رقم (13): جدول يبين أكثر أنواع توصيلات محولات القدرة استخداما

كيفية معرفة المجموعة الاتجاهية لتوصيل محول القدرة

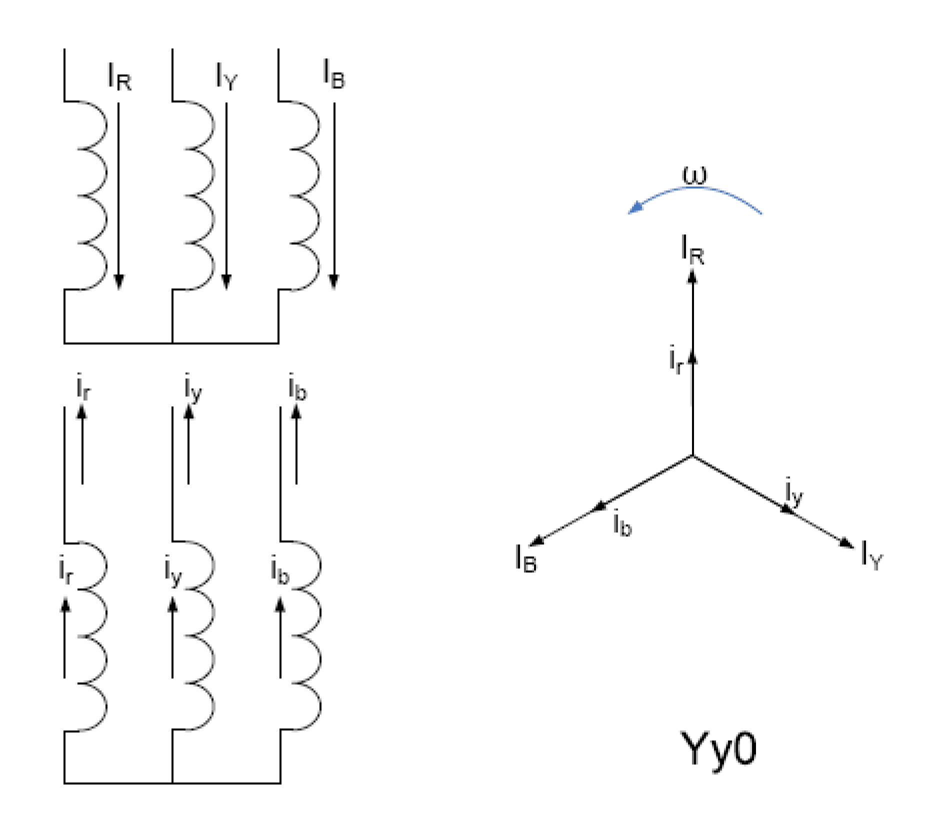
الخطوات الآتية يجب إتباعها لمعرفة المجموعة الاتجاهية لتوصيل محول القدرة (و هي نفسها يمكن إتباعها لمعرفة المجموعة الاتجاهية لتوصيل محولات التيار الوسيطة Interposing current (transformers)):-

1. نفرض أن الزاوية بين التيار Current و الجهد Voltage لكل وجه من الأوجه الثلاثة مقدارها صفر (أي أن معامل القدرة للحمل الموصل على محول القدرة يساوي الواحد الصحيح) كما يتبين من الشكل رقم (14).
2. نستنتج التيار الخارج من الملف الثانوي عند دخول التيار إلى الملف الابتدائي.
3. عند أي نقطة التقاء يتم تطبيق القانون الأول لكيرشوف Kirchhoff's 1st law و هو "مجموع التيارات عند نقطة يساوي صفرا"(بمعنى أن مجموع التيارات الداخلة إلى النقطة يساوي مجموع التيارات الخارجة من النقطة).
4. نستنتج الزاوية بين التيار في الخط الابتدائي (داخلا إلى محول القدرة) و التيار في الخط الثانوي (خارجا من محول القدرة).
5. يكون الملف الابتدائي هو مرجع القياس (يبدأ القياس منه).
6. يتم قياس الزاوية في اتجاه عقارب الساعة.
7. نقسم هذه الزاوية على 30^o فيكون الناتج هو الرقم المبين للمجموعة الاتجاهية (Vector Group) لتوصيل محول القدرة.

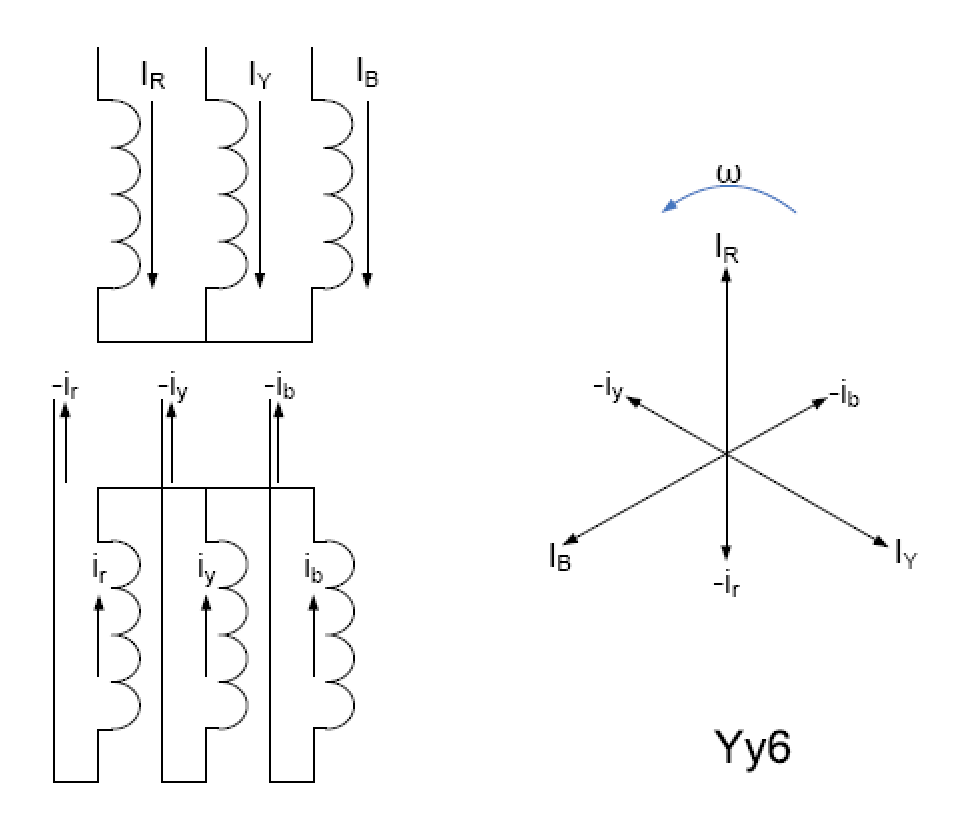
و الأشكال من شكل رقم 15 إلى شكل رقم 22 تبين توصيلات (مجموعات اتجاهية) مختلفة لمحولات القدرة.



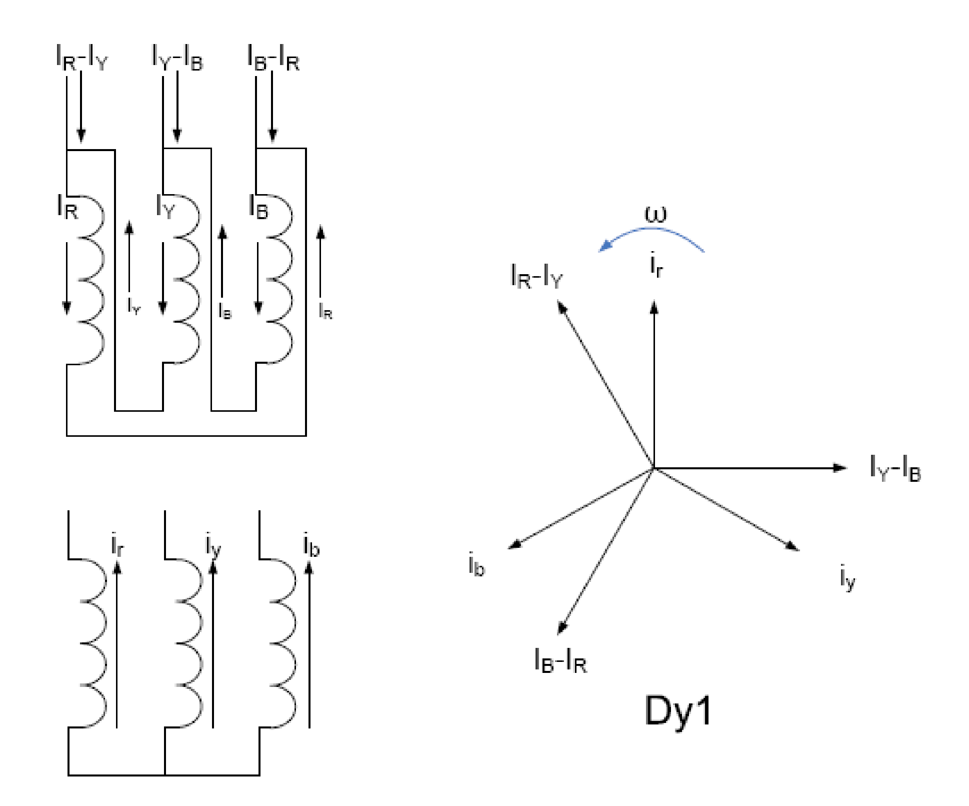
شكل رقم (14): العلاقة بين التيارات و الجهود المختلفة في محول القدرة بفرض أن معامل القدرة يساوي الواحد الصحيح



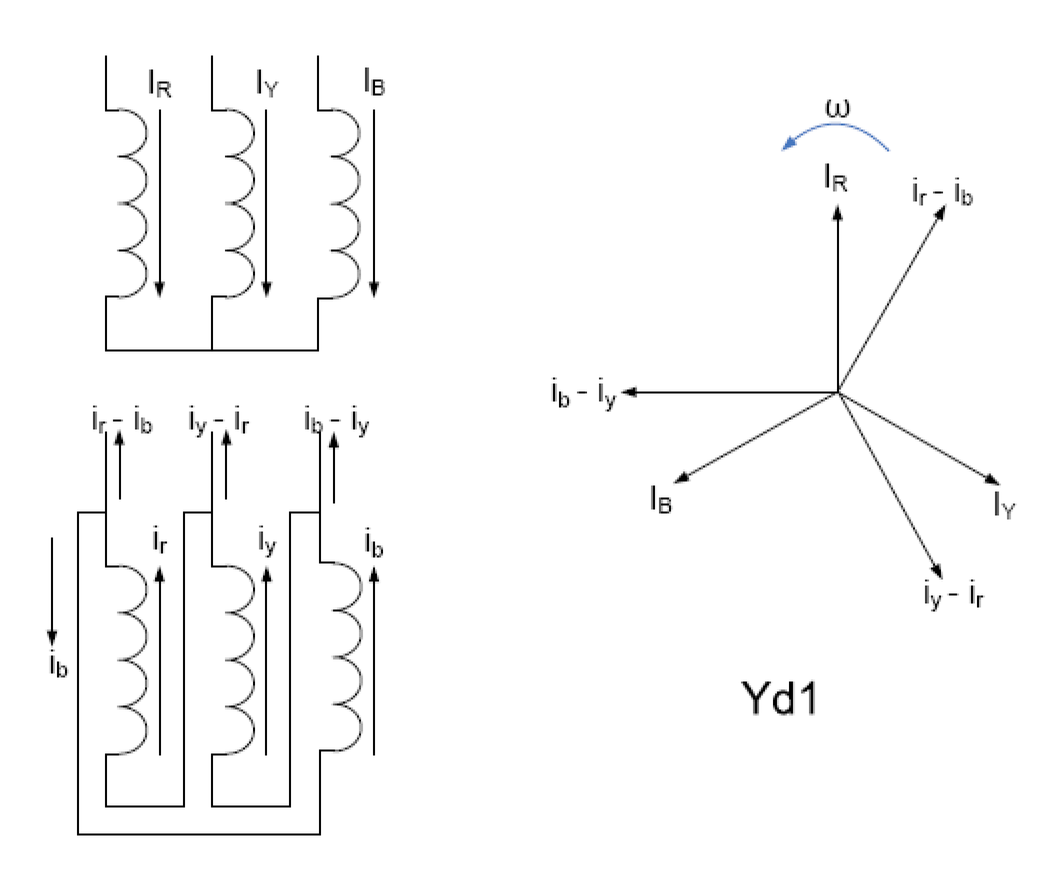
شكل رقم (15): توصيلة محول قدرة ثلاثي الأوجه بطريقة Yy0



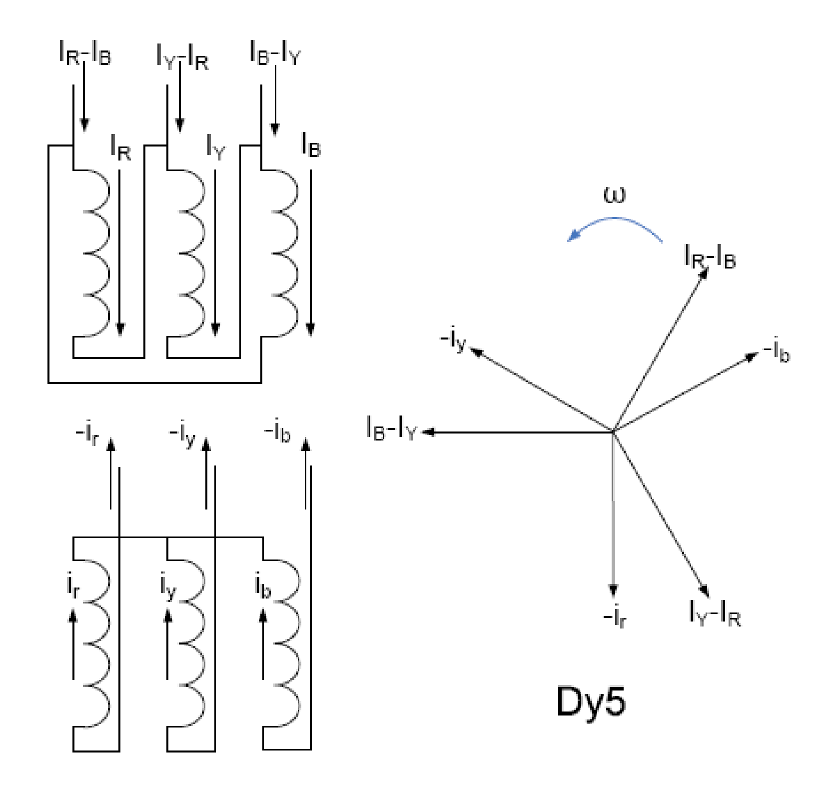
شكل رقم (16): توصيلة محول قدرة ثلاثي الأوجه بطريقة Yy6



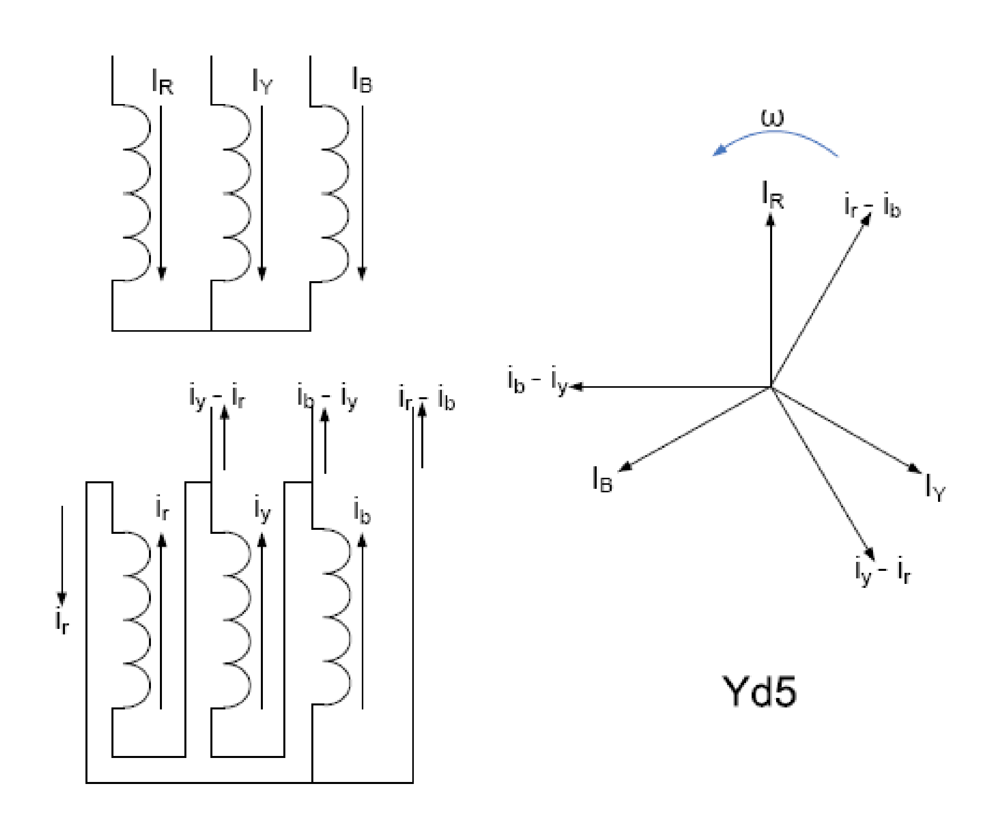
شكل رقم (17): توصيلة محول قدرة ثلاثي الأوجه بطريقة Dy1



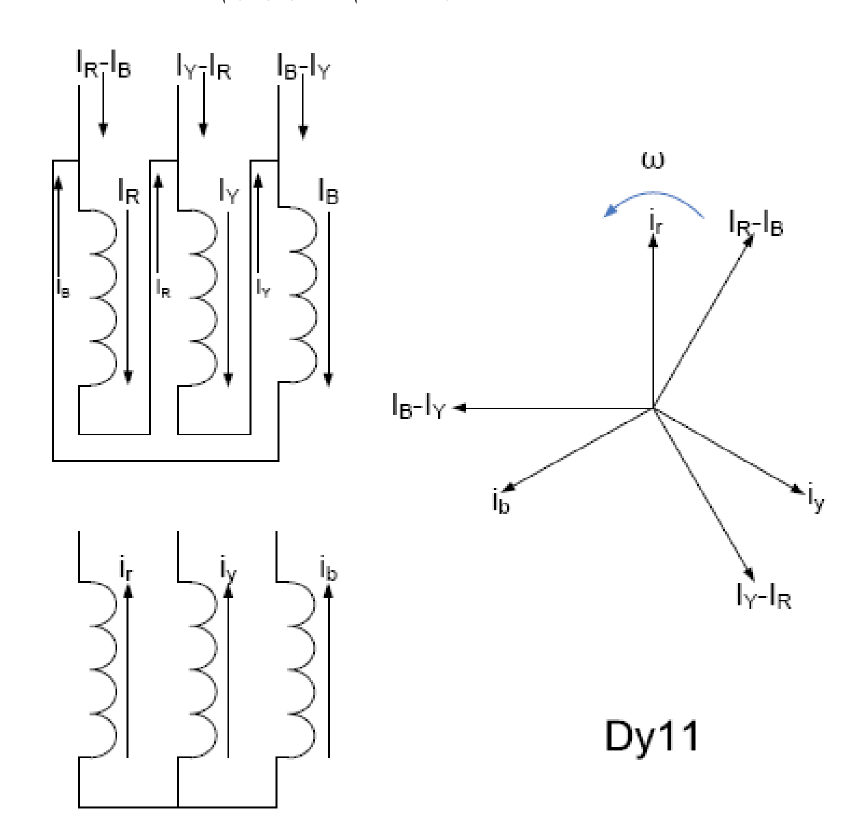
شكل رقم (18): توصيلة محول قدرة ثلاثي الأوجه بطريقة Yd1



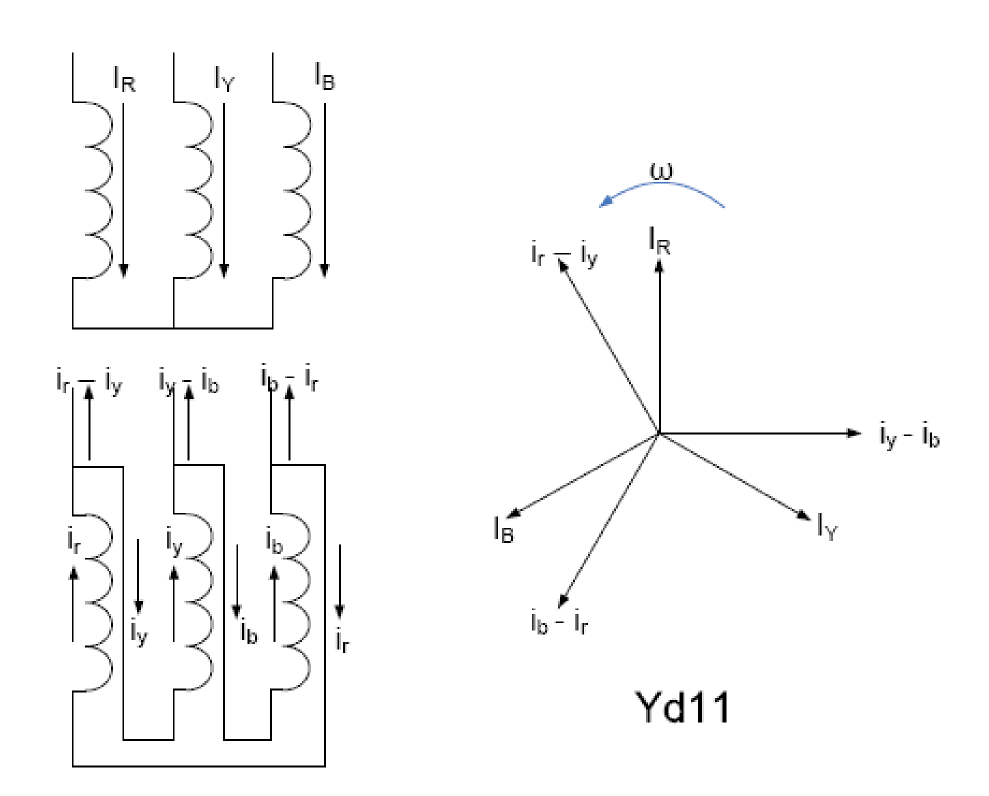
شكل رقم (19): توصيلة محول قدرة ثلاثي الأوجه بطريقة Dy5



شكل رقم (20): توصيلة محول قدرة ثلاثي الأوجه بطريقة Yd5



شكل رقم (21): توصيلة محول قدرة ثلاثي الأوجه بطريقة Dy11



شكل رقم (22): توصيلة محول قدرة ثلاثي الأوجه بطريقة Yd11

تيار الاندفاع في المحولات Inrush Current in the Transformers

من المهم ونحن نتحدث عن مشاكل الحماية في المحولات أن نعرض لمشكلة هامة موجودة في كل المحولات، وهي مشكلة تيار الاندفاع Inrush Current ، وهي أحد أهم المشاكل التي يمكن أن تسبب فصلا خاطئا .

و العوامل التي تؤثر على قيمة و زمن حدوث تيار الاندفاع هي:

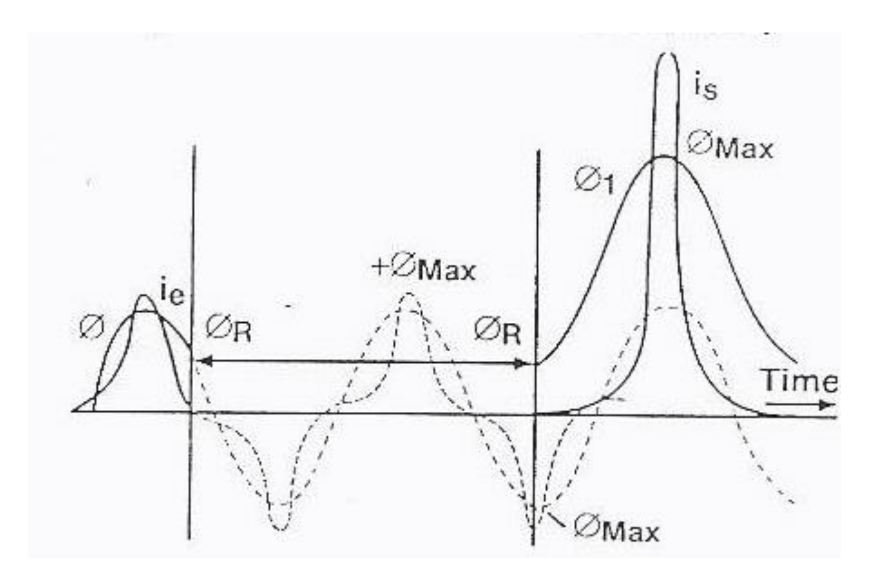
- ❖ قدرة المحول.
- ❖ حجم النظام (الشبكة) الموصل عليها محول القدرة.
- ❖ نوع الحديد المغناطيسي المستخدم في صناعة القلب.
- ❖ قيمة الفيض المغناطيسي المتبقي في القلب قبل لحظة التوصيل.
- ❖ لحظة توصيل التيار إلى محول القدرة.

<u>أسباب هذا التيار :</u>

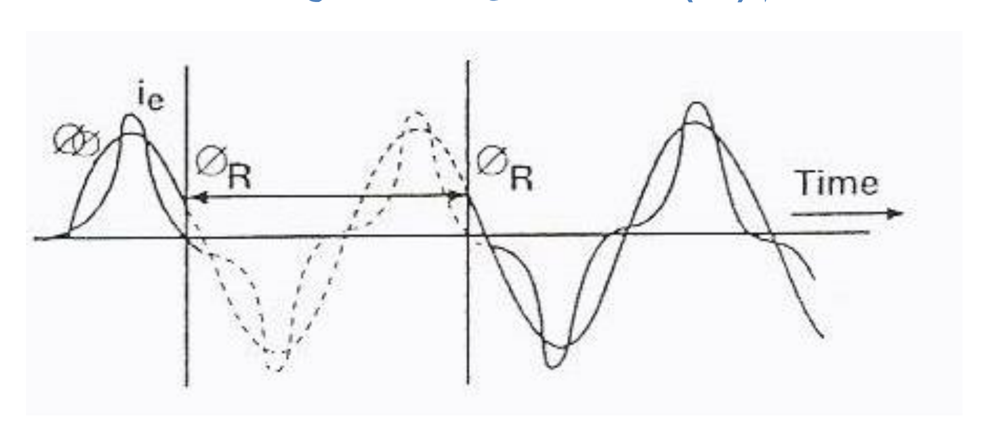
ولشرح أسباب هذا التيار بدون تفصيلات كثيرة يمكن الرجوع إلى الشكل رقم (23) والشكل رقم (24) ومنهما يمكن تلخيص أسباب المشكلة فيما يلي :

1- عند فصل Power Transformer فإنه يتبقى داخل القلب الحديدي جزء من الفيض يسمى "الفيض المتبقي" Residual Flux, $Ø_R$.

2- عند رجوع المحول للخدمة، وحيث أنه يستحيل التحكم في لحظة رجوعه لتكون هي نفسها اللحظة التي خرج عندها، وبالتالي فالفيض المفترض أن يبدأ بالظهور مع رجوع التيار يحتاج في بعض الأحيان أن يكون عاليا لتعويض القيمة الناشئة عن الفيض المتبقي، وهذا يستلزم سحب تيار عال هو Inrush Current لتوليد هذا الفيض التعويضي، كما في الحالة الأولى في الشكل رقم (23) . فالمحول في هذه الحالة رجع في لحظة تكافئ فيضا مقداره($Ø_m$ -) بينما الفيض المتبقي يكافئ قيمة موجبة مقدارها $Ø_R$ ولتعويض هذا الاختلاف يتم سحب Inrush Current بقيمة عالية .



شكل رقم (23): الحالة الأولى لتيار الاندفاع



شكل رقم (24): الحالة الثانية لتيار الاندفاع

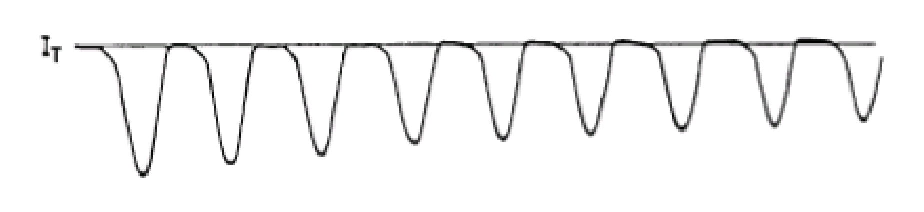
وكما يبدو من الشرح فإن تيار الاندفاع ليس له قيمة محددة، فقد يكون عاليا جدا كما في الحالة الأولى في الشكل (23) ، غير أنه في بعض الأحيان يكون قريبا جدا من التيار العادي، إذا تحقق شرطان :

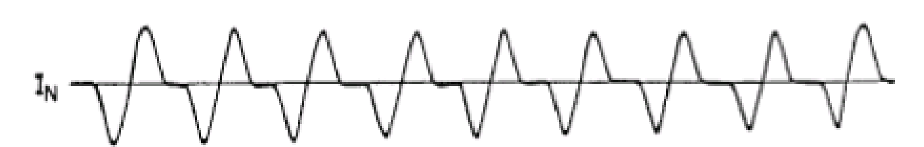
1- ألا يكون هناك فيض متبق داخل المحول .

2- إذا تصادفت لحظة الدخول مع لحظة التيار العظمى I_{max} ، والتي يكون فيها الفيض أقل ما يمكن، حيث من المعلوم أن الفيض دائما متأخر بزاوية 90^o عن التيار ($I \alpha \frac{dØ}{dt}$) .

وبين هاتين الحالتين توجد العديد من الحالات التي تجعل كما قلنا قيمة تيار الاندفاع غير محددة لا شكلا ولا قيمة ؛لأنه يعتمد أساسا - كما ذكرنا - على قيمة متغيرين عشوائيين الأول هو قيمة الفيض المتبقي والثاني هو لحظة دخول المحول في الخدمة ولذا تختلف قيمة هذا التيار حتى بين الأوجه الثلاثة كما في الشكل رقم (25).



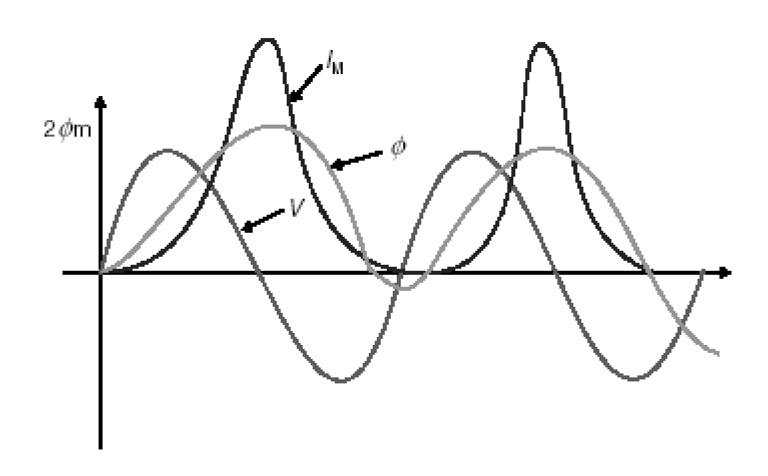




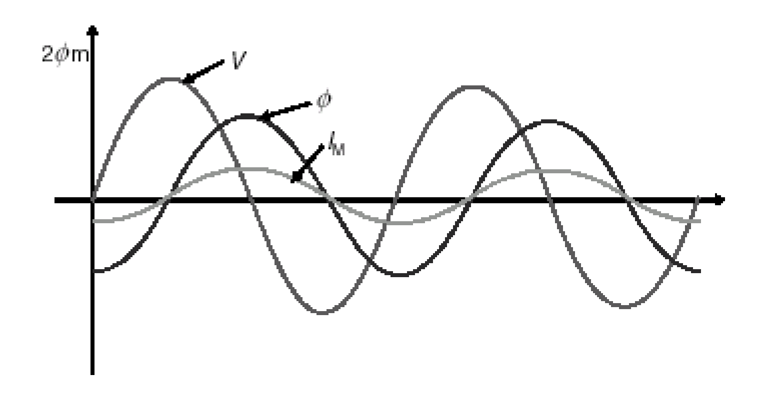
شكل رقم (25):التيار الاندفاعي المسجل لمحول قدرة 60 م ف أ

جهد 6,6/40/140 ك ف موصل YNyd

لاحظ انه لو أمكن التحكم في لحظة الغلق لتكون عند القيمة العظمى للجهد وفي نفس الوقت إذا لم يكن هناك فيض متبق في القلب الحديدي فإن تيارات الاندفاع ستختفي وتصبح قيمتها هي نفس قيمة الـ Magnetization Currents في فترة الـ Steady State كما في الشكل رقم (27)



شكل رقم (26): حالة تيار اندفاعي



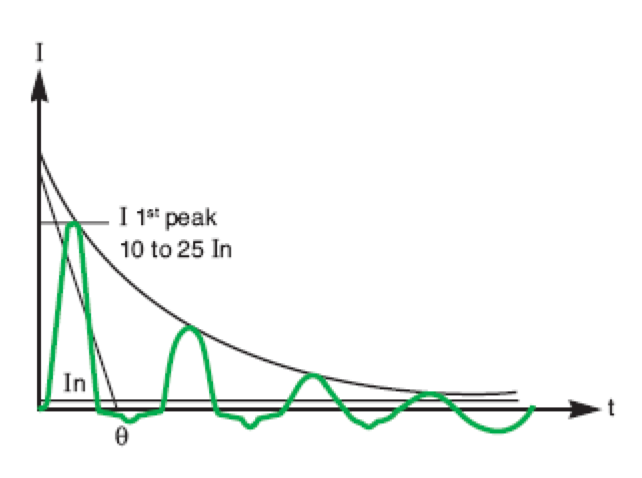
شكل رقم (27): حالة تيار استقرار

تعتمد القيمة القصوى Peak لهذا التيار على عدة عوامل أهمها:

1. قيمة الجهد لحظة توصيل المحول Instant of Energization.
2. قيمة وقطبية الفيض المتبقي Residual Flux في القلب الحديدي للمحول منذ لحظة الفصل.
3. خواص الحمل Load Characteristics الموصل على المحول لحظة التوصيل.

و يمكن أن تصل أول قيمة قصوى بعد توصيل المحول إلى قيمة تتراوح من 10 إلى 15 مرة من تيار الحمل المقنن للمحول ولكن هذه القيمة قد تصل إلى قيم تتراوح بين 20 إلى 25 مرة من تيار الحمل المقنن للمحولات ذات القدرة أقل من 50 ك ف أ.

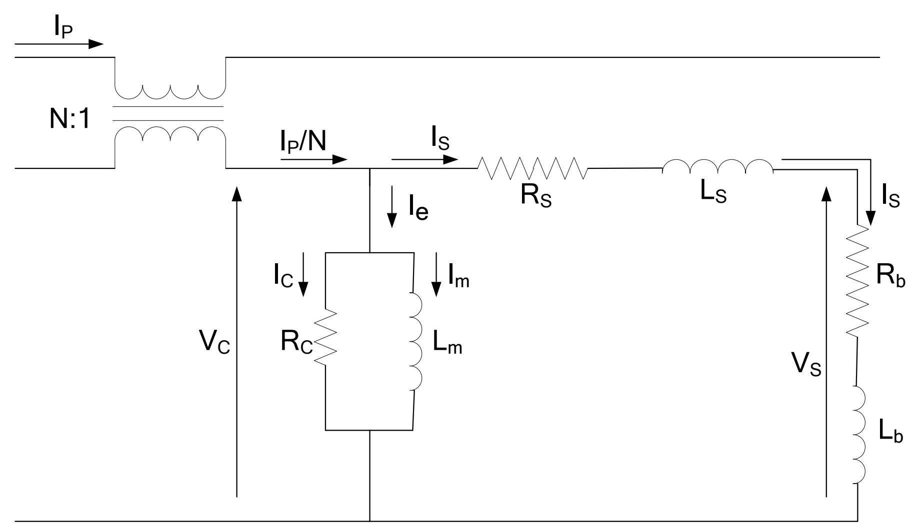
و تتناقص قيمة هذا التيار بسرعة وفق ثابت زمني θ Time Constant يتراوح بين عدة أجزاء من الألف من الثانية إلى عشرات الأجزاء من الألف من الثانية,راجع الشكل رقم (28).



شكل رقم (28):كيفية تناقص التيار الاندفاعي

خطورة هذا التيار

هذا التيار إذن يظهر فقط عند بداية التشغيل والمشكلة الكبرى أن هذا التيار لا يمر إلا في الجانب الابتدائي للمحول فقط وهو الجانب الموصل على المصدر ولا يمر في الجانب الثانوي لأنه يمر خلال ما يسمى بالدائرة المغناطيسية بالمحولات Magnetizing Circuit , وهي تظهر في الشكل رقم (29) .



شكل رقم (29): الدائرة المغناطيسية المكافئة لمحول القدرة

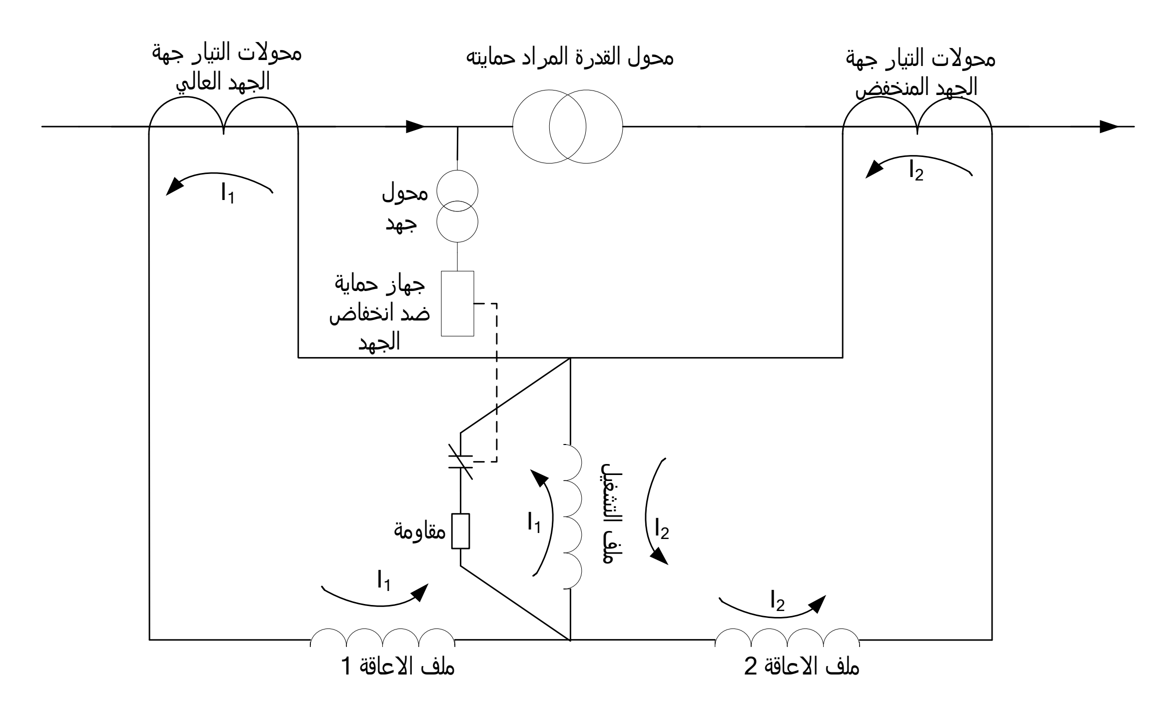
وبالتالي فإن أي جهاز حماية تفاضلي سيرى أن هناك تيارا داخلا إلى المحول I_p يختلف بقيمة كبيرة عن التيار الخارج I_s وهذا سيسبب فصلا خاطئا للمحول بواسطة Differential Relay , وهو فصل خاطئ لأنه لم يفصل بسبب وجود عطل ما وإنما بسبب هذه الظاهرة الطبيعية الموجودة في كل المحولات والتي ستختفي عادة بعد فترة وجيزة ومن هنا لابد من التفكير في طريقة لمنع تشغيل جهاز الحماية خلال هذه الفترة العابرة .

طرق تجنب الفصل الخاطئ بسبب تيار الاندفاع

هناك عدة طرق لمنع اشتغال أجهزة الحماية خلال فترة تيار الاندفاع :

- منها ما هو بسيط حيث يقوم بعض مهندسي التشغيل أحيانا بتعطيل الحماية لمدة ثوان , حتى يدخل المحول في الخدمة وينتهي تيار الاندفاع , ثم يعيدونها مرة أخرى . وهذا الحل على بساطته فيه خطورة كبيرة لأنه قد يتصادف حدوث عطل حقيقي أثناء بدء دخول المحول للخدمة ويتسبب هذا في تدمير المحول لأن الحماية معطلة ولذا نستبعد هذا الحل تماما.

- وأحيانا يتم ذلك بطريقة أقل خطورة وذلك بتقليل حساسية جهاز الحماية لفترة زمنية عقب دخول المحول الخدمة ويتم ذلك بتوصيل مقاومة على التوازي مع ملف التشغيل (Op. Coil) الذي يمر به تيار التشغيل (Operating Current) كما في الشكل رقم (30) حيث تقوم هذه المقاومة بسحب جزء من تيار التشغيل وبالتالي يقل التيار المار في ملف التشغيل ولا يعمل الجهاز وهذه المقاومة موصلة كما في الشكل رقم (30) على التوالي مع نقطتي تلامس(contact) يتم التحكم في فتحها وغلقها بواسطة جهاز حماية ضد انخفاض الجهد Under Voltage Relay .



شكل رقم (30): تقليل حساسية جهاز الحماية التفاضلية لتفادي الاشتغال بسبب تيار الاندفاع لحظة توصيل محول القدرة

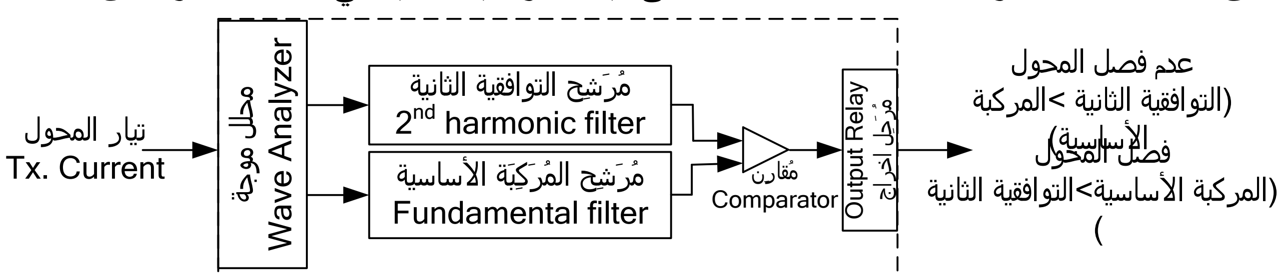
والفكرة الأساسية لهذا النظام تعتمد على انه في حالة وجود Inrush فإن جهد المحول لن ينخفض بينما سيرتفع التيار أما في حالة وجود عطل فسينخفض جهد المحول مع ارتفاع التيار وبالتالي عند فصل المحول من الخدمة فإن Under Voltage Relay سوف يحس بانخفاض الجهد وتصبح نقطتا التلامس مقفولتين ويتم فتح نقطتي التلامس بعد فترة زمنية من رجوع المحول للخدمة ووصوله لقيمة الجهد الطبيعي ومن ثم فقد نجحنا في تقليل حساسية الجهاز خلال الفترة الزمنية التي تعقب رجوع المحول للخدمة مباشرة (لاحظ انه خلال ظروف التشغيل الطبيعية يكون الجهد طبيعيا ونقط التلامس مفتوحة وبالتالي لا تدخل المقاومة في الوضع الطبيعي في الخدمة) و هذه الفكرة فيها مخاطر لأنه قد يكون هناك عطل حقيقي و يتسبب هذا التعطيل لجهاز الحماية التفاضلية لهذه الثواني عند لحظة التوصيل في إحداث تلفيات في محول القدرة.

ومن الطرق المشهورة لحل هذه المشاكل هي طريقة استخدام التوافقية الثانية 2^{nd} Harmonic في منع اشتغال جهاز الحماية وسبب اختيار 2^{nd} Harmonic هو انه من تحليل موجات تيارات الاندفاع وجد أنها غنية إلى حد كبير بهذه الدرجة من التوافقيات حيث يمكن أن تصل نسبتها من 40% إلى

50% من قيمة التيار (بل قد تزيد) بينما قيمة هذه التوافقية في حالة الأعطال الحقيقية لا تتعدى 7% .
الجدول الآتي يبين قيم عملية ناتجة من تحليل فعلي لتيار بدء واقعي:

رقم التوافقية في تيار البدء	قيمة التوافقية كنسبة مئوية من المُرَكِبة الأساسية (60 هرتز)
الثانية (120 هرتز)	63,0
الثالثة (180 هرتز)	26,8
الرابعة (240 هرتز)	5,1
الخامسة (300 هرتز)	4,1
السادسة (360 هرتز)	3,7
السابعة (420 هرتز)	2,4

وعلى هذا فقد تم عمل مُرَشِح Filter داخل جهاز الحماية التفاضلية لاستخلاص قيمة 2nd Harmonic من التيار الداخل ثم بعد ذلك - وبناء على قيمة هذه التوافقيات – يمكن منع اشتغال جهاز الحماية إذا تعدت قيمة التوافقية الثانية 2nd Harmonic مثلا من 10% إلى 20% لأن ذلك يعني بالضرورة أن هذا التيار المرتفع هو تيار اندفاع وليس نتيجة عطل ولذا لا يجب أن يعمل جهاز الحماية على فصل قاطع الدائرة .
أما إذا كانت القيمة صغيرة فعندها لن يتم إرسال إشارة المنع هذه ويترك لجهاز الحماية الحرية في العمل ومثل هذا الأسلوب يتم استخدامه في أجهزة الحماية التقليدية وحتى في أجهزة الحماية الرقمية الحديثة والتي تتميز فقط في هذه النقطة بسهولة تنفيذ هذه الأفكار دون تعقيدات. الشكل رقم (31) يبين منطق عمل مثل هذه الوحدة الخاصة بالاعتماد على قيمة التوافقية الثانية في فصل المحول من عدمه.

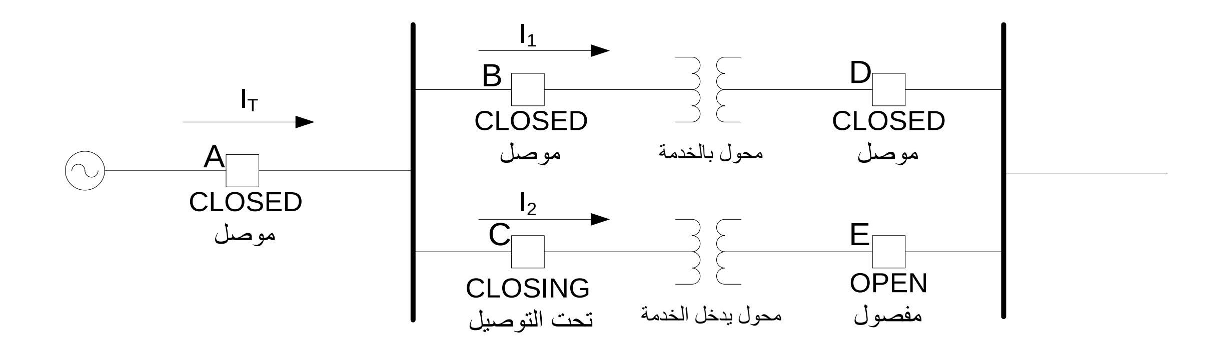


شكل رقم (31): منطق عمل وحدة تمييز وجود التيار الاندفاعي عن تيار العطل

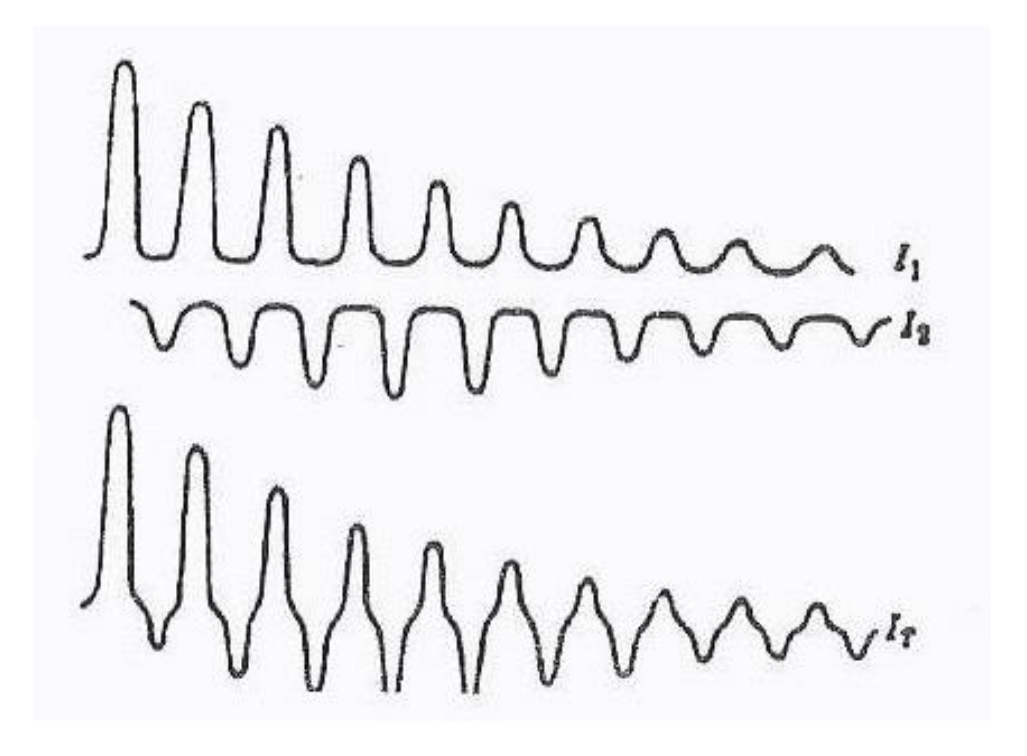
- وهناك طرق أخرى حديثة رقمية متقدمة في هذا المجال.

تيار الاندفاع في المحولات الموصلة على التوازي Sympathetic Inrush

من المعروف أنه لا يمكن توصيل محولين على التوازي ما لم يكونا متماثلين وتوصيل محولين على التوازي أمر شائع في الشبكات لكن هناك مشكلة تتعلق بـ Inrush Currents تظهر عند توصيل محولين على التوازي .
لنفترض الآن أن أحد المحولين في الخدمة والأخر نريد إدخاله كما في الشكل رقم (32) فعند دخول الثاني للخدمة فإنه سيسحب Inrush Current وهذا غير مستبعد .
أما الغريب في الأمر فهو أن المحول الأول الذي كان أصلا في الخدمة سوف يمر به هو الأخر Inrush Current مع ملاحظة أن تيار الاندفاع في المحول الموجود في الخدمة تكون قيمته أقل من ذلك الداخل حديثا لكن المشكلة أن كلا التيارين يظلان موجودين لمدة أطول من تلك المدة التي يقضيها تيار الاندفاع في المحولات الموصلة منفردا وسنفسر هنا هذه الظواهر تباعا .
ويمكن فهم تفسير هذا التيار بصورة مبسطة حيث أن تيار الـــ Inrush للمحول الداخل للخدمة يجد أمامه مسارين متوازيين بعد مروره على القاطع A فيتوزع بالنسبة العكسية لمقاومات المحولين (المحول الذي بالخدمة و المحول الذي يدخل الخدمة) وبالتالي يظهر تيار اندفاعي Inrush currentفي المحول الموجود أساسا بالخدمة . والشكل رقم (33) يظهر شكل التيارين I_1 و I_2 وكذلك شكل التيار الكلي I_T للدائرة التي في الشكل رقم (32) .
ويسمى تيار الاندفاع في هذه الحالة Sympathetic Inrush لأنه تيار عارض وهذا لن يسبب أي خطأ في تشغيل جهاز الحماية التفاضلية Differential Relay للمحولات إلا إذا كان هناك مرحل واحد للمحولين معا ومن ثم فأحسن الطرق لاكتشاف وتجنب هذه النوعية من تيار الاندفاع في المحولات الموصلة على التوازي هي استخدام نظم حماية منفصلة لكل محول على حدة. أما في حالة استخدام نظام حماية واحد من المحولين معا فالأمر سيستلزم دوائر أكثر تعقيدا لاكتشاف وتجنب المشكلة .



شكل رقم (32): تيار الاندفاع عند توصيل محولين على التوازي



شكل رقم (33): شكل التيارات عند توصيل محولين على التوازي

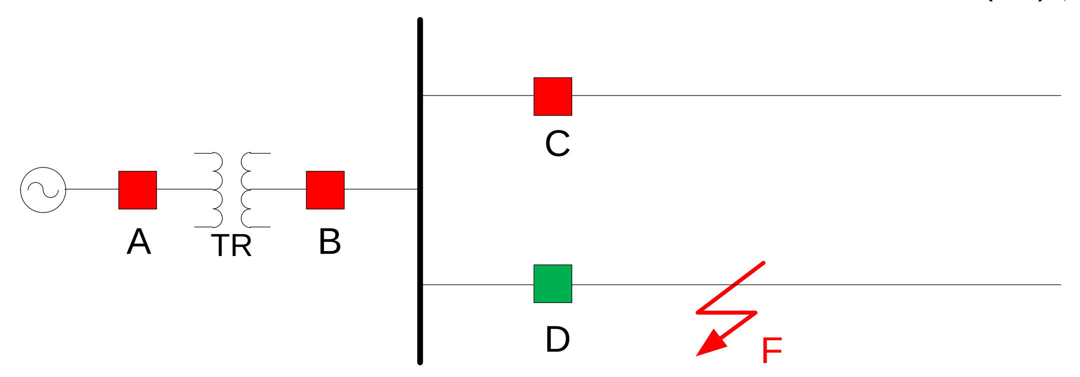
ويتميز تيار الاندفاع في حالة المحولات المركبة على التوازي باستمراره لمدة أطول من المدة التي يبقاها في حالة وجود محول واحد فقط وطول المدة في حالة المحولات على التوازي سببه أن الـ Time Constant لهما أطول من ذلك الخاص بمحول واحد فمن المعروف أنه عند غلق دائرة مكونة من Inductance L موصلة على التوالي مع مقاومة R عند لحظة يكون فيها الجهد يساوي صفرا فإن التيار المسحوب في هذه الدائرة يعبر عنه بالمعادلة :

$$i = \frac{Em}{\omega L} \; e^{\left(-\frac{R}{L}\right)t} \; + \; \frac{Em}{\sqrt{R^2+(\omega L)^2}} \; \sin(\omega t + \theta + \varphi)$$

ويعرف الجزء الأول من هذه المعادلة بــ DC Component وهو يختفي بعد مدة وجيزة تتوقف على قيمة (L/R) التي تسمى بـ Time Constant. وكما هو واضح من المعادلة فإن قيمة الــ Exponential Component تصل إلى الصفر عندما تكون "t " كبيرة . لاحظ أنه كلما كانت "L" صغيرة كلما كبرت المدة الزمنية التي لا يبقى فيها هذا التيار بقيمة كبيرة . وهذا ما حدث عند وضع المحولين على التوازي فإن L المكافئة لهما تكون أصغر من L الخاصة بكل واحد على حده.

تيار الاندفاع الاستردادي (الاسترجاعي) Recovery Inrush

كما يظهر نوع تيار اندفاعي آخر في المحول عند عزل بعض الحمل لوجود عطل حقيقي على أحد خطوط الأحمال حيث يعود الجهد إلى قيمته الطبيعية بعد عزل العطل.حيث يظهر تيار اندفاعي في محول القدرة TR بعد عزل العطل بفصل قاطع التيار D . راجع الشكل رقم (34).



Inrush current appears (in the transformer) after circuit breaker D tripped (on real fault) and voltage recovers

شكل رقم (34):تيار اندفاعي بعد عزل عطل حقيقي

الحماية المقيدة ضد التسرب الأرضي Restricted Earth Fault Protection(REF)

من المعروف أن معايير Setting أجهزة الحماية التفاضلية الأساسية للمحول Main Transformer Differential Relay يلزم رفع قيمة اشتغالها Pick up Value لتُراعي الآتي:

- عدم اشتغال جهاز الحماية عند مرور تيار المغنطة Magnetization Current (عند توصيل المحول من جهة واحدة فقط) و هو ما يُسمى أيضاً تيار اللاحمل No-Load Current .
- عدم اشتغال جهاز الحماية عند عمل المحول على خطوة أخرى غير الخطوة المقننة Nominal Tap. حيث أن نسبة تحويل محول القدرة Turns Ratio تؤثر في حسابات جهاز الحماية التفاضلية الأساسية و يتم اعتبار نسبة التحويل المُقننة في هذه الحسابات مما يعني أن العمل على خطوة أخرى غير الخطوة المُقننة يتبعه مرور تيار في ملف التشغيل لجهاز الحماية التفاضلية الأساسية يؤدي إلى اشتغال الجهاز.
- عدم اشتغال جهاز الحماية بسبب نسبة الخطأ في محولات التيار المستخدمة و جهاز الحماية نفسه.

و بتطبيق هذه المعايير (رفع قيمة الضبط) يخرج الجزء من الملفات القريب من نقطة التعادل Neutral Point من نطاق تغطية و مراقبة جهاز الحماية التفاضلية للمحول. مما استدعى تقديم جهاز الحماية المقيدة Restricted ضد التسرب الأرضي و هو يقوم بتغطية ملف كامل في جهة واحدة.
جهاز HV REF الحماية المقيدة ضد التسرب الأرضي على الجهة الابتدائية يُغطي كامل الملف الابتدائي. و جهاز LV REF الحماية المقيدة ضد التسرب الأرضي على الجهة الثانوية يُغطي كامل الملف الثانوي.

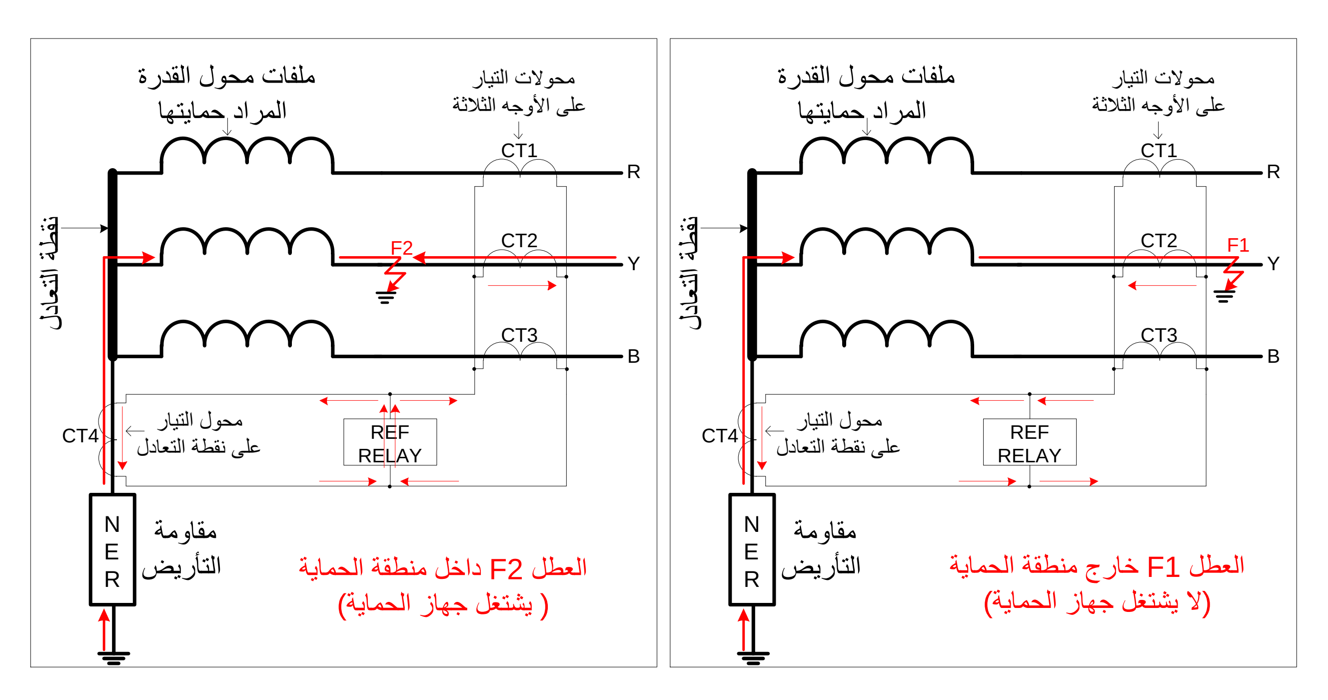
كما يظهر من الاسم فإن هذه الحماية تغطي أعطال التسرب الأرضي في منطقة محددة فقط وهي تلك المنطقة الواقعة بين محولات التيار المركبة على جانبي الملفات. و لا تشتغل هذه الحماية عند حدوث تسرب أرضي خارج هذه المنطقة و ذلك لاتزان التيارات الداخلة و الخارجة من الملفات في هذه الحالة.

و يتم توصيل جهاز الحماية المقيدة ضد التسرب الأرضي على جهة محول القدرة الموصلة على شكل نجمة بالطريقة المبينة بالشكل رقم (35) بحيث يقارن جهاز الحماية بين مجموع التيارات في الأوجه الثلاثة و التيار المار من نقطة التعادل للملفات إلى الأرض. و يلاحظ أن كلا التيارين يكون صفرا تقريبا في حالة الحمل العادي (عدم وجود أعطال على لفات محول القدرة تحت الحماية).

و في حالة حدوث العطل عند النقطة F1 (خارج منطقة الحماية) في الشكل رقم(35) فإن التيار الذي يرجع من خلال محول التيار CT4 المركب في دائرة نقطة التعادل Neutral سيساوي التيار المار في محول التيار CT2 حيث يتم إهمال التيارين المارين في محولي التيار CT1 و CT3 مقارنة بتيار العطل . و حيث أن اتجاه التيار في محول التيار CT4 هو في عكس اتجاه التيار في محول التيار

CT2 فإن التيار المار في جهاز الحماية سيساوي صفرا . أي أن جهاز الحماية لن يشتغل و سيكون متزنا في هذه الحالة بسبب أن العطل خارج منطقة الحماية.

أما في حالة حدوث العطل عند النقطة F2 (داخل منطقة الحماية) فإنه سيكون هناك فرق كبير بين مجموع التيارين من محولات التيار على جانبي الملفات يؤدي إلى مرور تيار في جهاز الحماية مما يعني اشتغال جهاز الحماية .



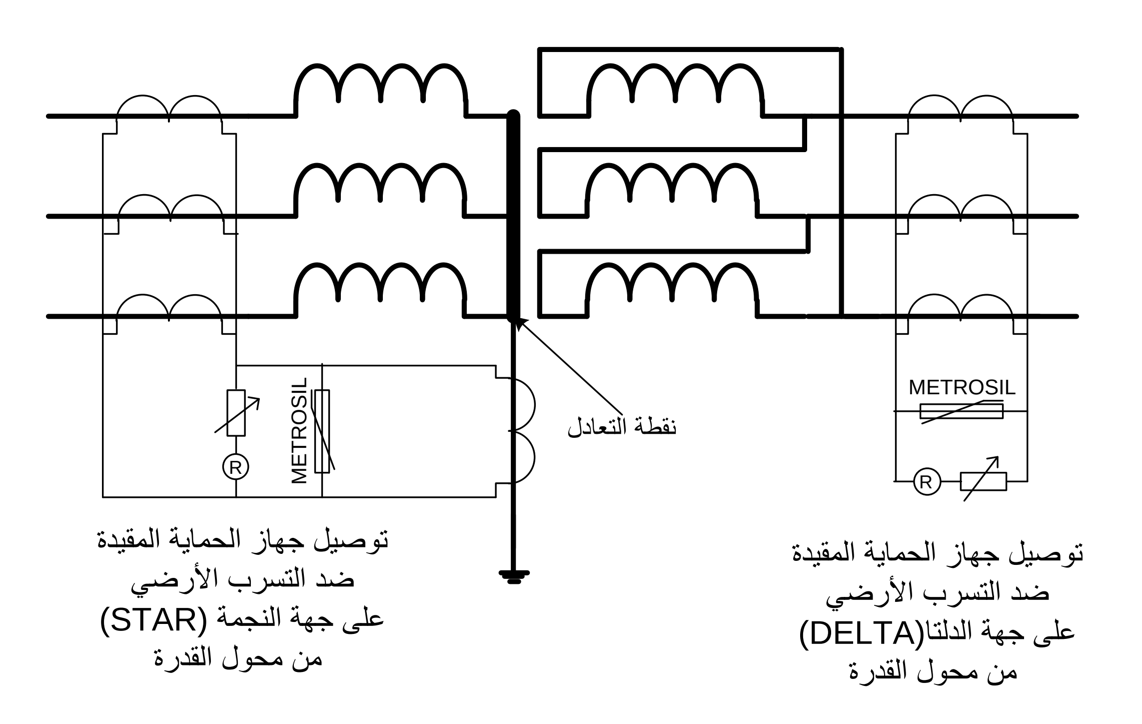
شكل رقم (35): الحماية التفاضلية المقيدة ضد التسرب الأرضي على جهة محول قدرة موصلة بطريقة Y

و لمنع حدوث اشتغال خاطئ في الظروف العادية نتيجة وجود اختلاف صغير بين تيارات الأوجه و تيار نقطة التعادل فقد تم إضافة مقاومة بالتوالي مع جهاز الحماية لضمان اتزانه و تسمى مقاومة اتزان Stabilizing Resistor و يسمى الجهاز بعد إضافة المقاومة High Impedance REF بحيث يكون الجهد الذي يتولد على طرفي جهاز الحماية أصغر بعد إضافة المقاومة و بذلك لا يشتغل جهاز الحماية عند ظروف الأحمال العادية.و مما تجدر الإشارة إليه أن جهاز الحماية قبل إضافة المقاومة يسمى جهاز منخفض المعاوقة LOW IMPEDANCE REF.

و لا يظهر أي تأثير سلبي لهذه المقاومة في حالة الأعطال الداخلية و ذلك لارتفاع قيمة تيار العطل و لعدم وجود تيارات معاكسة في الاتجاه.

أما في حالة الأعطال الخارجية فإن التيارات الداخلة و الخارجة ستتساوى في القيمة و تختلف في الاتجاه مما يعني أن مجموعها سيساوي صفرا و بالتالي لن يشتغل الجهاز.

و في حالة أن أحد جهتي محول القدرة موصلة على شكل دلتا فإنه يتم توصيل جهاز الحماية المقيدة ضد التسرب الأرضي على جهة الدلتا على خرج محولات التيار على الأوجه الثلاثة معا - بالتوازي- كما يظهر في الشكل رقم (36).



شكل رقم (36): الحماية التفاضلية المقيدة ضد التسرب الأرضي على كلا جانبي محول قدرة موصل بطريقةYd

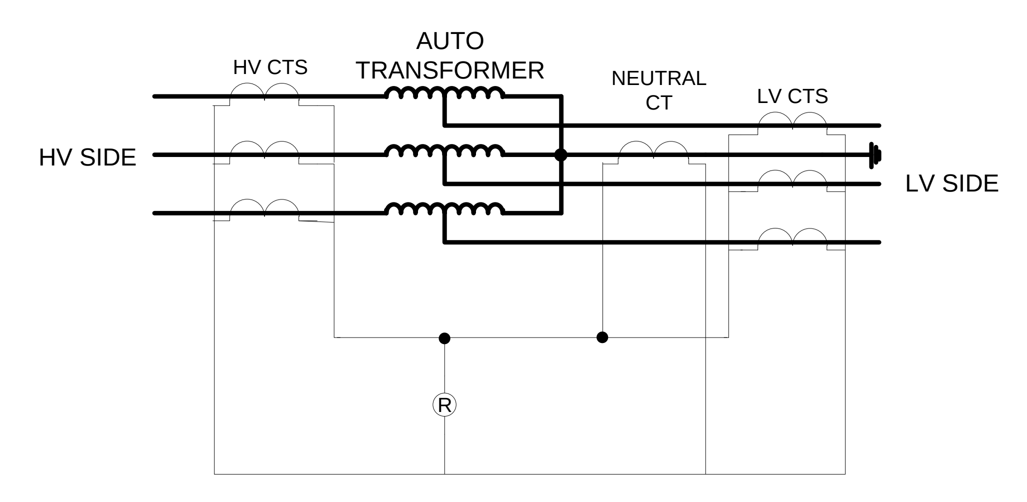
ويلاحظ في الشكل رقم (36) وجود وحدة متروسيل METROSIL موصلة على التوازي مع (المرحل + مقاومة الاتزان) و هذه الوحدة لها مقاومة غير خطية (أي أنه كلما زاد الجهد المطبق عليها قلت مقاومتها مما يتسبب في سحب تيار عالي يؤدي إلى خفض قيمة الجهد المطبق عليها و بالتالي على المرحل) وظيفة هذه الوحدة هي الحد من القيمة القصوى للجهد المتولد على أطراف المرحل عند حدوث عطل داخل ملفات المحول موضوع الحماية و ذلك حماية للمرحل من أية آثار قد تنتج عن تعرض جهاز الحماية لجهد عالي أثناء الأعطال التي تحدث في ملفات المحول.

الحماية التفاضلية لمحول قدرة ذاتي *Auto Transformer*

وهي نظام حماية عالي المعاوقة يعمل بالتيار الدائري و يعمل لحظيا(بدون تأخير زمني) Instantaneous High Impedance Circulating Current Scheme ويتم تغذيته بالتيار من ثلاثة مجموعات من محولات التيار مركبة على أطراف الأوجه الثلاثة لمحول القدرة.المجموعة الأولى مركبة على جهة الجهد العالي , المجموعة الثانية مركبة على جهة الجهد المنخفض , المجموعة الثالثة مركبة على جهة نقطة التعادل قبل نقطة النجمة Star Point.و تجدر الإشارة إلى أن كل محولات التيار لها نفس النسبة.و من المعلوم أن محول القدرة الذاتي يكون فيه الملف الثانوي جزء من الملف الابتدائي مما يعني صغر حجم المحول و قلة الفقد في الملفات و لكنه يتأثر أكثر من المحولات ذات الملفات الابتدائية و الثانوية المستقلة بأعطال القصر على الجهة الثانوية للمحول.

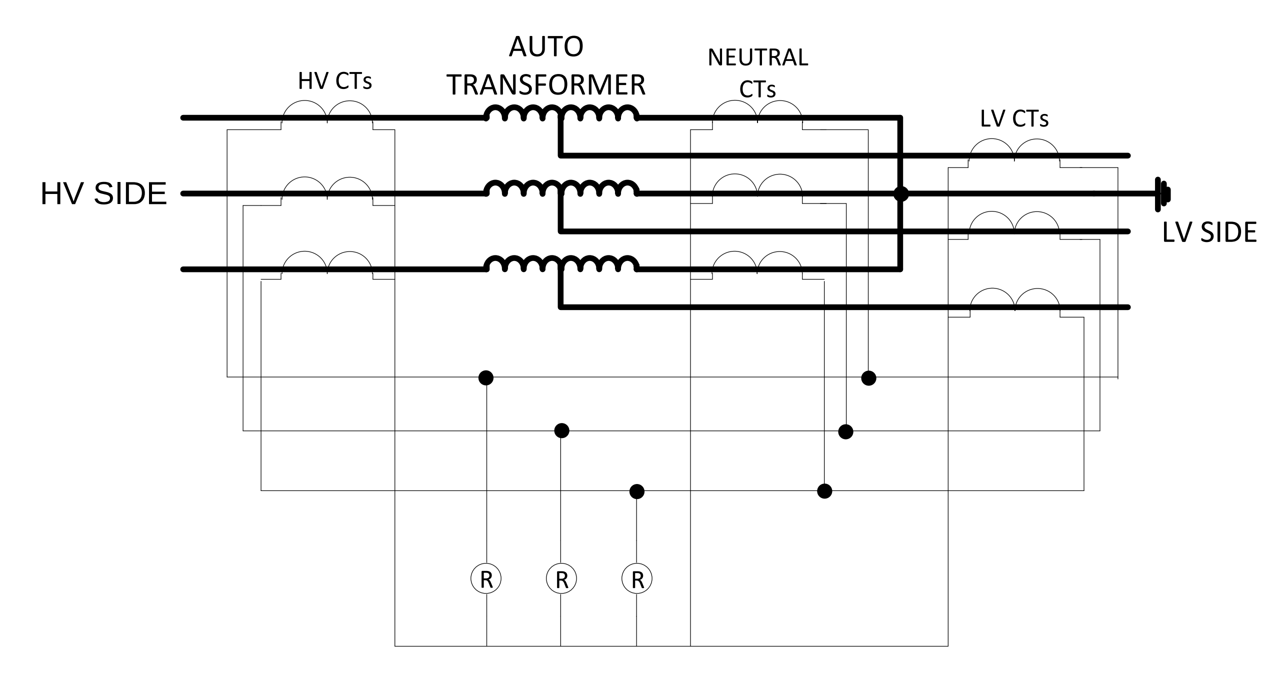
و هناك نوعان من هذه الحماية:-

<u>النوع الأول: يستخدم محول تيار واحد على جهة نقطة التعادل</u> و من ثم يلزم عمل التوصيلات على الجهتين الابتدائية و الثانوية لمحول القدرة بحيث يكون عدم اتزان مجموع التيارات في الأوجه الثلاثة معا (مركبة التيار الصفرية) على كل الجهات الثلاثة هو دليل حدوث عطل بين أحد الأوجه الثلاثة لمحول القدرة و الأرض.و هذا النوع يستخدم جهاز حماية من عنصر واحد فقط Single element relay و يعيب هذا النوع أنه لا يحدد فقط إلا الأعطال الأرضية (بين أحد الأوجه الثلاثة و الأرض) كما يظهر في الشكل رقم (37).



شكل رقم (37): الحماية التفاضلية على محول قدرة ذاتي بطريقة اتزان مجموع التيارات في الأوجه الثلاثة معا (مركبة التيار الصفرية)

<u>النوع الثاني: يستخدم محول تيار على كل وجه من الأوجه الثلاثة على كل جهة من محول القدرة و</u> يتم عمل اتزان لكل وجه من الأوجه الثلاثة كل على حدة لتحديد الأعطال بين الأوجه و بعضها البعض و كذلك تحديد الأعطال بين أي وجه مع الأرض. وهذا النوع يستخدم جهاز حماية من ثلاثة عناصر Three element relay كما يظهر في الشكل رقم (38) و يمكن من خلاله تحديد الوجه الذي به عطل.



شكل رقم (38): الحماية التفاضلية على محول قدرة ذاتي بطريقة اتزان كل وجه من الأوجه الثلاثة على حدة

و لهذه الحماية ميزتان:-

- لا تتأثر باشتغال مغير جهد محول القدرة Tap changer
- لا تتأثر بمرور التيار الاندفاعي Inrush current حيث يوجد ملف واحد فقط للجهتين (جهة الجهد العالي و جهة الجهد المنخفض) مما يعني مرور نفس التيار في الجهتين و من ثم لا يشعر جهاز الحماية التفاضلي بفرق في تيار الجهتين رغم و جود تيار اندفاعي.

الحماية ضد زيادة التيار *Over Current Protection*

يتم تركيب جهاز الحماية ضد زيادة التيار كحماية رئيسية لحماية المحول ضد أنواع القصر للمحولات التي تتراوح قدرتها من 500 ك ف أ إلى 5 م ف أ حيث يعتبر تركيب جهاز حماية تفاضلية لمحولات القدرة أعلى من 5 م ف أ مكلفا , بينما يتم الاكتفاء في حالة المحولات أقل قدرة من 500 ك ف أ باستخدام فيوزات Fuses ذات سعة قطع كبيرة تركب جهة الجهد العالي للمحول..

و يكون جهاز الحماية ضد زيادة التيار بالإضافة إلى جهاز الحماية ضد التسرب الأرضي حماية احتياطية Back up Protection ضد الأعطال التي تحدث خارج منطقة الحماية في حالة المحولات ذات قدرة أعلى من 5 م ف أ .

تظهر أهمية استخدام هذه الحماية في حالتين:-

1. عند حدوث أعطال خارج المحول External Faults تسبب مرور تيار كبير في المحول يؤدي لسخونة المحول و تأثره سلبا بهذه الحرارة.

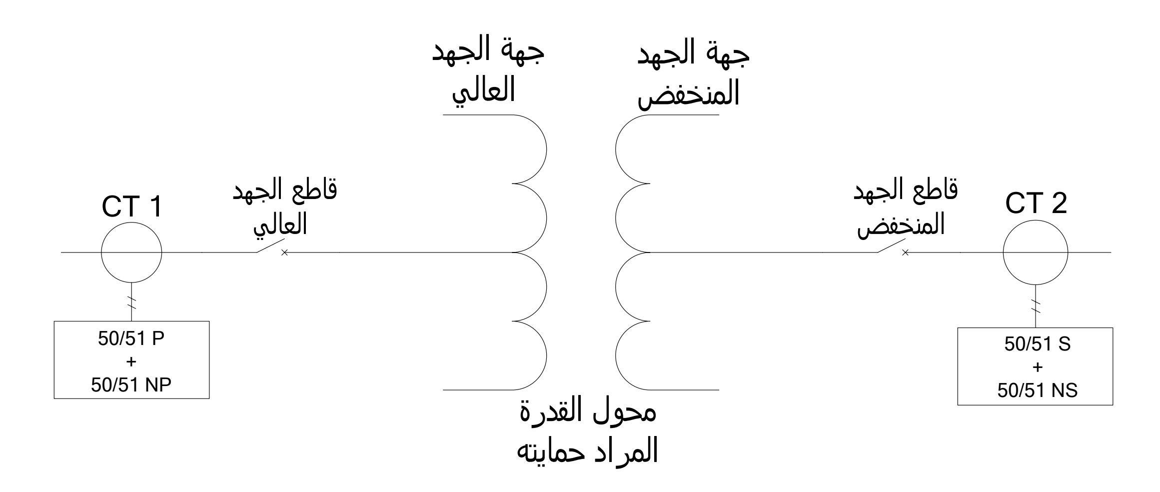
و يجب ألا يزيد التيار المار في ملفات المحول عن 25 مرة من التيار المقنن للملفات.و الجدول الآتي يبين الزمن الذي تتحمله الملفات عند مرور تيارات مختلفة فيها وفقا للمواصفات الأمريكية ANSI C57-12.00-1968:-

نسبة التيار المار إلى التيار المقنن	الزمن المسموح به بالثانية	المعاوقة المئوية للمحول Z%
25	2	4
20	3	5
16.6	4	6
14.4	5	7

2. عند تعرض المحول لتحميل زائد Over Load فوق حمله المقنن Rated Load.و الجدول الآتي يبين زمن التحميل الزائد المسموح به:-

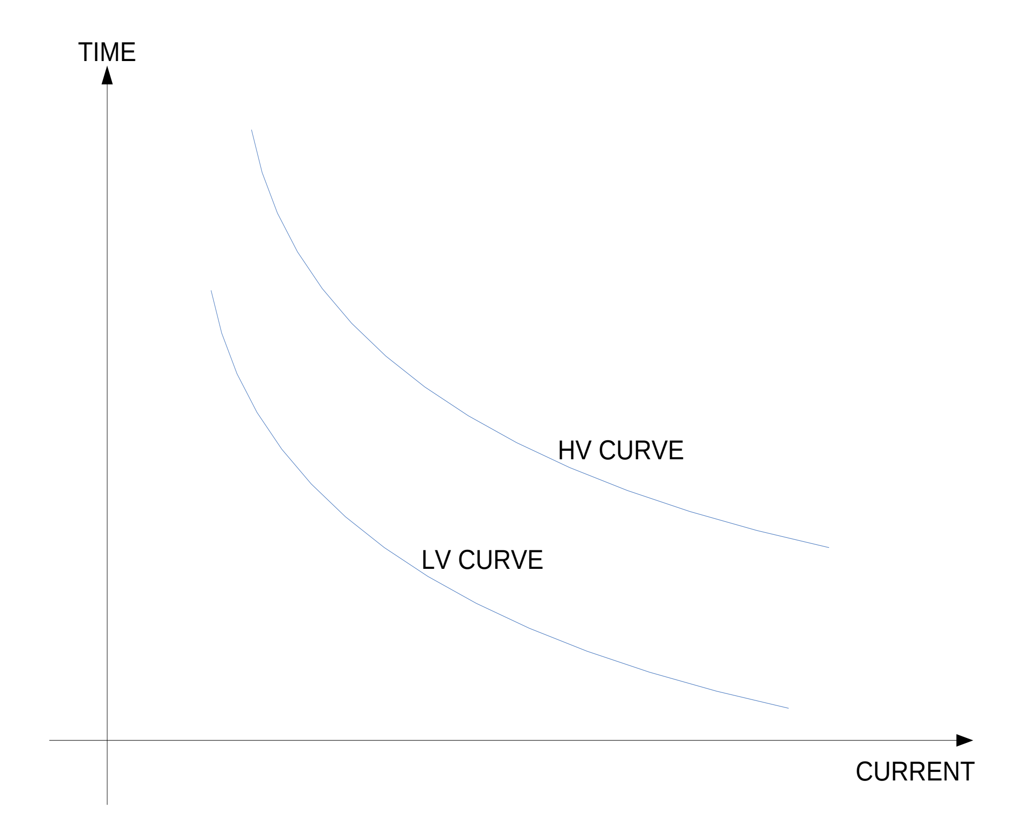
نسبة التحميل المئوية	125	150	175	200	300	
زمن التحميل بالدقيقة	125	45	15	10	1	

و يتم تركيب هذه الحماية على جهتي الجهد العالي High Voltage Side و الجهد المنخفض Low Voltage Side من المحول. و هي تعتبر بمثابة حماية احتياطية Back up للحماية التفاضلية Differential على المحول. و يلزم عمل تنسيق زمني Time Co-ordination بينهما لضمان سرعة الفصل من جهة الجهد المنخفض أولا. و تحتوي هذه الأجهزة Over Current Relays على عناصر خاصة ذات معايير عالية High Set (Instantaneous) Elements تفيد في حالات القصر الشديد Short Circuits. كما يلزم التأكد من عدم اشتغال هذه الحماية عند مرور تيار اندفاعي Inrush Currents. و الشكل رقم (39) يبين توصيل أجهزة الحماية ضد زيادة التيار على جهتي الجهد العالي و الجهد المنخفض من محول القدرة.



شكل رقم (39): توصيل أجهزة الحماية ضد زيادة التيار على جهتي محول قدرة

كما يبين التنسيق الزمني فيما بينها باختيار المنحنى الزمني المناسب لأجهزة الحماية على جهتي محول القدرة كما يتبين من الشكل رقم (40).فعند حدوث عطل ما يسبب مرور تيار بقيمة ما فإن الزمن المستغرق لفصل قاطع الجهة الثانوية يجب أن يكون أسرع (أقل) من الزمن المستغرق لفصل قاطع الجهة الابتدائية.



شكل رقم (40): كيفية عمل تنسيق زمني بين أجهزة الحماية ضد زيادة التيار على جهتي محول قدرة

أهمية الزيت في محول القدرة

للزيت في المحولات وظيفتان أساسيتان هما:-

1. العزل بين الملف الابتدائي و الملف الثانوي و بين الملف الثانوي و جسم المحول و بين جسم المحول و الملف الابتدائي.
2. التبريد لملفات المحول الابتدائية و الثانوية نتيجة لمرور تيار الحمل بها.

و تتراكم الحرارة داخل الملفات إذا لم يتم طردها و التخلص منها. و هناك طرق و نظم عديدة لتبريد المحولات أهمها:-

1. التبريد الطبيعي بالهواء Air Nature
2. التبريد الطبيعي بالهواء و الزيت Oil Nature Air Nature(ONAN)
3. التبريد الطبيعي بالزيت والمدفوع بالهواء Oil Nature Air Forced(ONAF)
4. التبريد المدفوع بالهواء و الزيت Oil Forced Air Forced(OFAF)

و التبريد الطبيعي بالهواء فقط يصلح في حالة المحولات الصغيرة بينما التبريد بالهواء و الزيت معا فيصلح في حالة المحولات الكبيرة حيث يدفع الهواء بواسطة مراوح Fans ليمر من بين مبردات Radiators على جسم المحول من الخارج. كما يتم دفع الزيت بواسطة مضخات ليدور في دائرة مغلقة ليحمل الحرارة من الملفات الداخلية و يخرج ليمر من أمام المراوح الخارجية ليتم طرد هذه الحرارة إلى الجو الخارجي المحيط بالمحول ثم يعود الزيت للداخل و قد تخلص من الحرارة التي كان يحملها و تستمر الدورة هكذا.

و يوجد بكل محول كبير خزان زيت رئيسي تغمر به الملفات الابتدائية و الملفات الثانوية للمحول كما يوجد خزان تعويضي مركب فوق الخزان الرئيسي و بين الخزانين أنبوب و هذا الخزان التعويضي يجعل الخزان الرئيسي مملوءا بالزيت دائما مما يتيح الفرصة للتمدد و الانكماش وفقا لظروف التحميل الخاصة بالمحول.و الخزان التعويضي هذا مقسوم إلى قسمين أكبرهما لتعويض الخزان الرئيسي للمحول و أصغرهما لتعويض الزيت في الجزء الخاص بملفات مغير الجهد.

و هذا الزيت و حتى يؤدي الدور المنوط به فلابد أن يكون:-

1. عازلا كهربيا جيدا,
2. غير قابل للتبخر إلا عند درجات حرارة عالية,
3. خاليا من الشوائب ,
4. خاليا من الأحماض و الكبريت,
5. منخفضا في نسبة الرطوبة.

مبين مستوى الزيت ***Oil Level Indicator***

و في حالة نقص مستوى الزيت عن حد معين - نتيجة لوجود تسريب أو لعدم ملء الزيت حتى العلامة المرقومة عليه مثلا- فإن ذلك سيؤثر سلبا على درجة العزل و درجة التبريد و يتطلب ذلك ضرورة أن يركب مبينين اثنين لمستوى الزيت على خزان التعويض :

الأول يركب على الجزء الخاص بالمحول الرئيسي Main Tank Oil Level

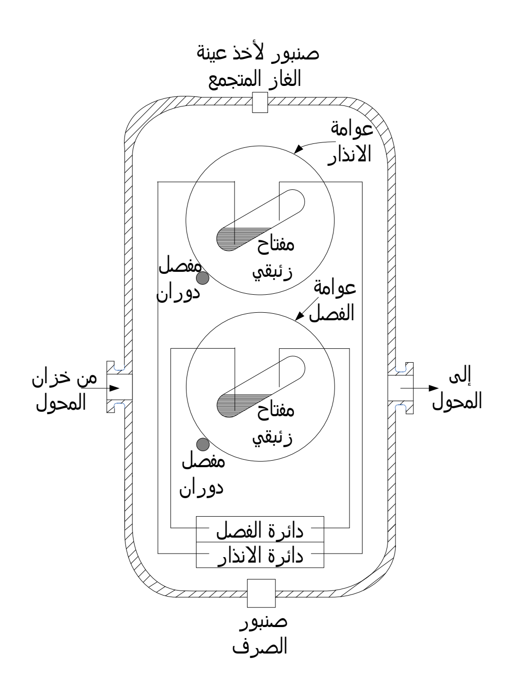
و الثاني يركب على الجزء الخاص بمغير الجهد Tap Changer Oil Level

وفي حالة نقص/ زيادة مستوى الزيت عن حد معين فإن ذلك يتطلب إرسال إشارة (إنذار) إلى لوحة التحكم بالمحطة و منها إلى مركز التحكم و ذلك ليتم عمل اللازم من إصلاح للتسريب / تفريغ للزيادة و إعادة ملء الخزان في الوقت المناسب.

جهاز الحماية الغازية (بوخولز) *Buchholz Relay*

و عند حدوث قصر داخل المحول فإن ذلك يؤدي إلى ارتفاع في درجة حرارة الزيت و من ثم يتحلل الزيت و تتكون مجموعة من الغازات تتجمع أعلى محول القدرة في خزان الزيت. و هناك مجموعة من الأجهزة المختلفة المركبة على المحول يمكنها تحديد تولد/ معدل تولد هذه الغازات و بالتالي تعطي إشارة إنذار أو إشارة فصل حسب المعايير المطبقة على هذه الأجهزة.

و أشهر الأجهزة التي تركب على المحولات هو جهاز بوخولز Buchholz شكل رقم (41) وهو ببساطة عبارة عن إناء معدني يحتوي بداخله على عوامتين من الألمونيوم تطفوان على سطح الزيت عندما يكون الإناء ممتلئا بالزيت و كل عوامة تتحرك حول مفصل دوران مستقل و تتحكم في مفتاح زئبقي (نقطة تلامس) Mercury Contact (Switch) . في الوضع الطبيعي يكون الجهاز ممتلئا بالزيت تماما - لأن مستواه منخفض عن مستوى الخزان الاحتياطي - ولا توجد به أية غازات و تكون نقطتا التلامس مفتوحتين حيث تكون العوامتان طافيتين ولا تغلق نقطتا التلامس إلا إذا هبطت العوامتان وهذا الإناء محكم الإغلاق ويوجد به فتحة واحدة من أعلاه تفتح وتغلق بواسطة صمام و تستخدم هذه الفتحة لأخذ عينة غاز لتحليلها بعد ملء المحول بالزيت أو بعد تكرير الزيت أو بعد فصل المحول ثم الاستدلال من لون اللهب الناتج من إشعال هذا الغاز على نوع/مكان العطل الحادث بالمحول.

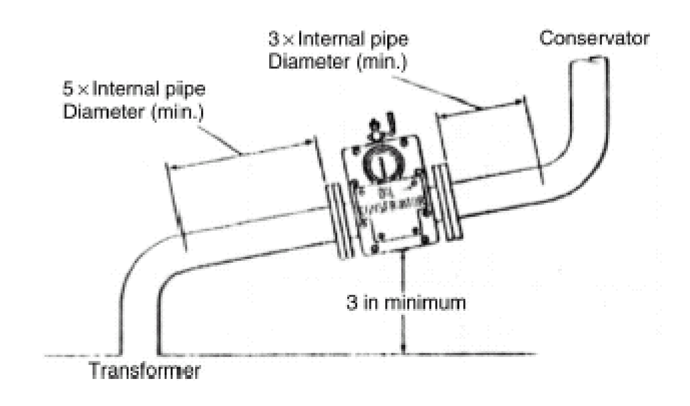


شكل رقم (41): تركيب توضيحي مبسط لجهاز الحماية الغازية (بوخولز)

و يركب هذا الجهاز على الماسورة (الأنبوب) بين خزان الزيت التعويضي و بين المحول نفسه - بدرجة ميل حوالي 10° تقريبا على سطح المحول – كما يظهر في الشكل رقم (42).

و وظيفته هي مراقبة حالة تمدد الزيت من الخزان الرئيسي إلى الخزان التعويضي فإذا انخفض مستوى الزيت بالجهاز أو تولدت بالزيت بعض الغازات فسيؤدي ذلك إلى هبوط العوامة/العوامتين إلى أسفل و تغلق نقطة/نقطتي التلامس حسب الحالة. و من الجدير بالذكر أن الجهاز به مرحلتان- كل

عوامة تمثل مرحلة - الأولى (العليا)مرحلة الإنذار و الثانية (السفلى) مرحلة الفصل(فصل قواطع التيار المغذية للمحول).



شكل رقم (42): مكان تركيب جهاز الحماية الغازية (بوخولز)Buchholz

و يشتغل الجهاز معطيا إنذارا في إحدى الحالات الآتية:-

1. عند تكون بقعة ساخنة Hot Spot داخل المحول نتيجة وجود قصر بين شرائح القلب الحديدي.
2. عند انهيار عزل المسامير التي تثبت شرائح القلب الحديدي.
3. عند فتح أي من نقاط توصيل الموصلات.
4. عند حدوث قصر بين الملفات.
5. عند انخفاض مستوى الزيت لوجود تسريب.

فإذا استمرت أي من الحالات السابقة و لم تعالج أو حدث قصر شديد داخل المحول تشتغل المرحلة الثانية (نقاط التلامس السفلية)من الجهاز و هي التي تصدر إشارة فصل لقواطع التيار المغذية للمحول.

إذا كان هناك غاز يتصاعد إلى أعلى(في اتجاه الخزان التعويضي) بمعدل بسيط فإن ذلك يدل على حدوث زيادة حمل على المحول أو حدوث قصر بسيط نتجت عنه حرارة أدت إلى تحلل جزء من الزيت و تصاعد أبخرة/غازات ضغطت على العوامة الأولى (العليا) و من ثم تعطي إنذارا ليتم التدخل المبكر حسب الوضع. و من الجدير بالذكر أن المرحلة الأولى لجهاز البوخولز قد تعمل بعد ملء جسم المحول بالزيت نتيجة تجمع الهواء العادي داخل جهاز البوخولز و بالتالي فإن هذه الغازات المتكونة يلزم أخذ عينة منها و تحليلها فإذا وجدت تحتوي على الهواء فقط فإن الوضع يعتبر عاديا و يتم سحب الهواء المتجمع و من ثم يتم توصيل المحول في الخدمة.أما إذا كانت الغازات المتجمعة تحتوي على غازات أخرى مثل الهيدروجين مثلا فإن ذلك يعني وجود عطل حقيقي يتم تحديد منطقته تبعا لناتج تحليل الغازات من حيث اللون , القابلية للاحتراق , التركيب الكيميائي و عند ذلك يلزم تدخل قسم صيانة المحولات للإصلاح أو عمل اللازم. الجدول الآتي يبين مصدر العطل في حالات مختلفة:-

حالة الغازات	مصدر العطل
عديم اللون و الرائحة و غير قابل للاشتعال	وجود هواء داخل المحول
عديم اللون و الرائحة و قابل للاشتعال	عطل داخل المحول
أبيض أو رمادي	ورق العزل
أصفر	أجزاء خشبية
أسود	زيت

فإذا كان هناك قصر Short Circuit شديد بالملفات فإن ذلك سينتج تيار كبيرا و ارتفاعا عاليا في درجة الحرارة و سيؤدي ذلك إلى تولد غازات بكمية كبيرة تندفع بسرعة و تضغط على العوامة الثانية ليتم إصدار إشارة فصل للمحول.هذه الحماية تعتمد في عملها على التأثير الحراري للأعطال و هي من الحمايات الأساسية للمحول.

و من الجدير بالذكر أن الزيت يبدأ في التحلل بعد ارتفاع درجة الحرارة للجزء الذي حدث فيه القوس الكهربي إلى 350 درجة مئوية.

كما يوجد جهاز بوخولز أخر لحماية مغير الجهد Tap Changer Buchholz مركب على الماسورة بين مغير الجهد و الخزان التعويضي للزيت أعلى المحول و يعمل تماما مثل جهاز البوخولز المركب على المحول الرئيسي إلا أنه يعمل بمرحلة واحدة فقط يتم عندها فصل المحول و إصدار إشارة إنذار تفيد اشتغاله إلى لوحة التحكم بالمحطة و منها إلى مركز التحكم.

جهاز قياس درجة حرارة ملفات محول القدرة*Winding Temperature Gauge*

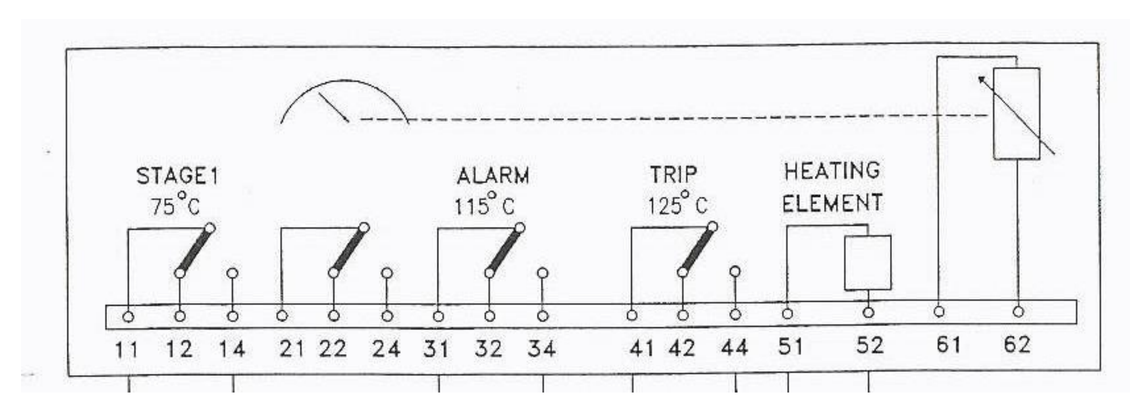
و بزيادة التحميل على المحول ترتفع درجة حرارة الملفات و من ثم يتأثر مستوى العزل سلبا لذا فإنه ينصح باستخدام مراوح للتبريد و تعمل هذه المراوح إما يدويا أو أوتوماتيكيا من خلال جهاز يقيس درجة حرارة الملفات.و يعتمد جهاز قياس حرارة الملفات في عمله على حساس Sensor موضوع في مكان قريب جدا من ملفات المحول و هو يتكون من انتفاخ مغمور في الزيت مملوء بغاز له معامل تمدد كبير و الغاز يصل من الانتفاخ إلى الجهاز الذي به المؤشر و نقط التلامس بواسطة أنبوبة دقيقة جدا (شعرية). بالإضافة إلى أن الجهاز (المبين في الشكل رقم (43)) يضيف زيادة في قياس درجة الحرارة عن الزيت عن طريق قياس التيار المار في الملفات و إمرار هذا التيار في مقاومة داخل الجهاز. و لهذا الجهاز عدة ملامسات إما زئبقية Mercury Contacts أو مفاتيح حد limit Switches. و هناك عدة نماذج لتوظيف هذه المُلامسات.

<u>النموذج الأول</u> يستخدم المُلامس الأول لتشغيل المجموعة الأولى من مراوح التبريد (غالبا توجد مجموعتان) و معاييره هي 75°م للبدء و 65°م للإيقاف. و المُلامس الثاني لتشغيل المجموعة الثانية

من المراوح و معاييره هي 85° م للبدء و 75°م للإيقاف. و الملامس الثالث للإنذار عند 115°م . و الملامس الرابع لفصل المحول من جهة الجهد المنخفض (فصل الحمل فقط و الإبقاء على المحول مُوصلا من جهة الجهد العالي) عند 125°م.

<u>النموذج الثاني</u> الملامس الأول يقفل عند درجة حرارة معينة (75° م) ليبدأ تشغيل مراوح تبريد مجموعة 1 فإذا استمرت الحرارة في الارتفاع و لم تنخفض لمدة 10 دقائق مثلا فإن مراوح التبريد مجموعة 2 تبدأ في الدوران و لا يفتح هذا الملامس إلا إذا انخفضت الحرارة إلى 65°م. كما يوجد ملامس ثاني يرسل إنذار بارتفاع درجة الحرارة عند 115°م. و يوجد ملامس ثالث يصدر إشارة فصل للمحول من جهة الجهد المنخفض عند 125°م .



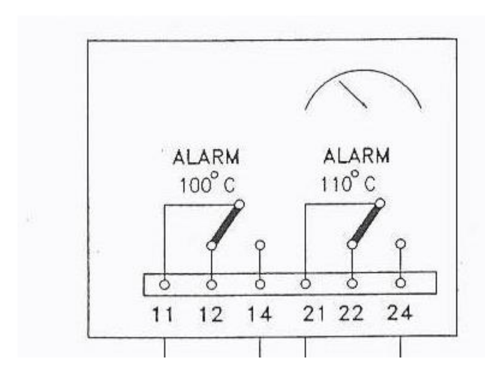


شكل رقم (43): جهاز قياس درجة حرارة ملفات محول القدرة

جهاز قياس درجة حرارة الزيت في محول القدرة Oil Temperature Gauge

كما يوجد جهاز مستقل لمراقبة درجة حرارة الزيت و هو يتكون من انتفاخ مغمور في الزيت مملوء بغاز له معامل تمدد كبير و الغاز يصل من الانتفاخ إلى الجهاز الذي به المؤشر و نقط التلامس بواسطة أنبوبة دقيقة جدا (شعرية). و هذا الجهاز يصدر إنذارا فقط عندما تصل درجة حرارة الزيت إلى قيم معينة ويعمل هذا الجهاز على مرحلتين لكل مرحلة درجة حرارة مختلفة وعند صدور الإنذار يتم اتخاذ اللازم من قبل قسم الصيانة.

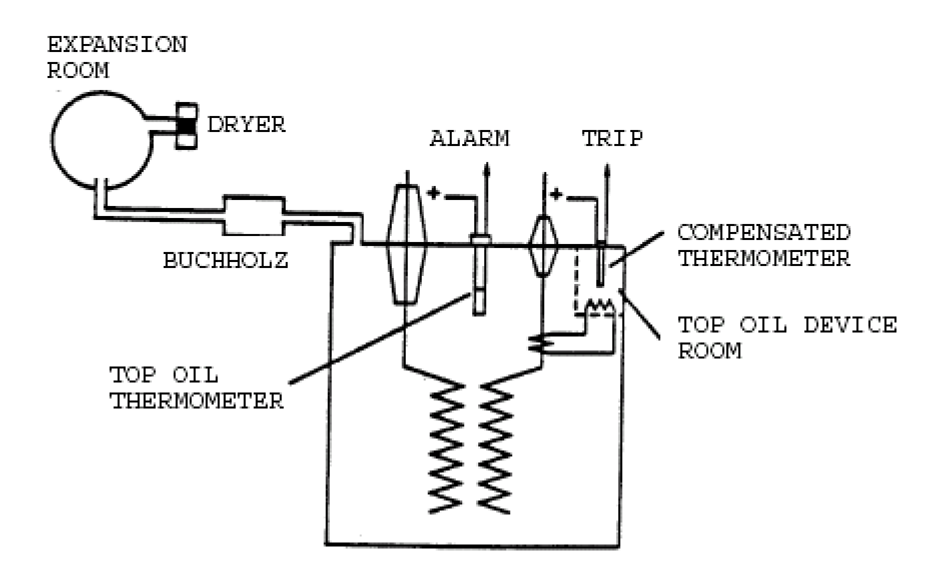
و هذا الجهاز مبين في الشكل رقم (44). حيث يعطي الجهاز إنذارا كمرحلة أولى عندما تصل درجة حرارة الزيت إلى 100°م و يعطي إنذارا كمرحلة ثانية عندما تصل درجة حرارة الزيت إلى 110°م.



شكل رقم (44): جهاز قياس درجة حرارة الزيت في محول القدرة

و الشكل رقم (45) يبين على محول قدرة مكان تركيب الأجهزة الآتية:

1. جهاز الحماية الغازية (بوخولز) Buchholz.
2. جهاز قياس درجة حرارة الملفات و تغذيته بالتيار من محول تيار على أحد أوجه محول القدرة.و يعطي إشارة فصل كما سبق الشرح.
3. جهاز قياس درجة حرارة الزيت و هو يعطي إنذارا فقط.



شكل رقم (45): مكان تركيب أجهزة جهاز الحماية الغازية (بوخولز) و جهاز قياس درجة حرارة الملفات وجهاز قياس درجة حرارة الزيت.

جهاز تنفيس ضغط الزيت Oil Pressure Relief Device

أبسط صورة لهذا الجهاز هي القرص / الغشاء القابل للكسر Frangible Disc وهي الأكثر شيوعا و تثبت دائما في نهاية ماسورة موجودة أعلى المحول. ويكون الغرض منه التنفيس عن ضغط الزيت بإطلاقه إلى الجو المحيط في الأحوال الآتية:- القيم العالية للأحمال , زيادة حمل لفترات طويلة , أعطال تسبب حدوث قوس في الزيت.

و يؤدي اندفاع الزيت الناتج عن قصر شديد داخل المحول إلى كسر هذا القرص/ الغشاء و من ثم يتحرر الزيت بسرعة إلى الخارج متفاديا خطر ظهور حريق. و يعيب هذه الطريقة أن الزيت الباقي في المحول يظل معرضا للهواء الجوي بما فيه من عوامل تلوث.

و أمكن التغلب على هذا العيب من خلال نظام حديث و هو صمام يفتح تلقائيا عند الارتفاع المفاجئ لضغط الزيت Sudden Pressure Relief Valve و يحدث هذا الفتح عند وصول قيمة الضغط إلى 10 باوند لكل بوصة مربعة ثم يقفل تلقائيا عند نزول ضغط الزيت إلى قيمة معينة.و بهذا الجهاز ملامسات توظف لإصدار إشارة تفيد اشتغاله. و يركب هذا الجهاز على محولات التوزيع بدءا من قدرة 200 ك ف أ.

و لو لم يكن هناك مثل هذا الجهاز لانفجر أو تحطم جسم المحول عند حدوث قصر شديد داخل المحول و ذلك للارتفاع الشديد الذي يحدث في ضغط الزيت نتيجة حدوث القصر.

جهاز الحماية ضد معدل ارتفاع ضغط الزيتRapid Pressure Rise Relay

هذا الجهاز يحدد الارتفاع المفاجئ في ضغط الزيت علاوة على القيمة المطلقة لضغط الزيت و من ثم فإنه يستجيب للارتفاع المفاجئ في ضغط الزيت أسرع من صمام تصريف (تنفيس) الزيت Pressure Relief Valve(الذي يعمل تبعا للقيمة المطلقة لضغط للزيت), وأمكن الوصول بحساسية هذا الجهاز لتصل إلى 1 باوند لكل بوصة مربعة في الثانية. و عند تركيبه على محول قدرة يعمل بنظام التبريد المدفوع للزيت(Oil Forced Cooling) يمكن عمل تأخير زمني (Time Delay) لعمله لتفادي الاشتغال الخاطئ عند بدء دوران مضخات تبريد الزيت. و لهذا الجهاز ملامسات توظف لإصدار إشارة تفيد اشتغاله.

الحماية ضد زيادة الفيض Over Flux Protection

من المعروف أن المحول يتعرض (نتيجة لمرور التيار الكهربي فيه) لمستويات من الفيض المغناطيسي عالية جدا قد تصل في بعض الأحيان إلى حد التشبع. و من المعروف أيضا أنه بالجهد الطبيعي و التردد الطبيعي يتم الوصول إلى نقطة أقل من قيمة التشبع بحوالي 10%. فإذا زاد الفيض عن حد التشبع فسيؤدي ذلك إلى مرور ما يسمى بالتيارات الدوامية (الإعصارية) Eddy Currents في كل الأجزاء الحديدية بالمحول و لذلك يتم تصنيع بعض الأجزاء الحديدية مثل القلب الحديدي Iron Core على شكل شرائح لمقاومة هذه التيارات و تقليل قيمتها.

لكن هناك أجزاء معدنية في المحول و بخاصة القوائم الحديدية الرئيسية الحاملة للمحول و مسامير ربط القلب الحديدي لا يمكن تصنيعها من شرائح و بالتالي تصل قيمة التيارات الدوامية Eddy Currents إلى قيم عالية يمكن أن تنشأ ضغوط مغناطيسية عالية على هذه الأجزاء مما قد يؤدي إلى تسخينها وانهيار العزل حولها أو إلى كسرها. ولتجنب هذه المشكلة فإنه يلزم التوصل إلى طريقة لقياس الفيض و معرفة أنه تجاوز حدا مسموحا به.

و إحدى هذه الطرق هي طريقة Volts-per-Hertz التي تعتمد أساسا على أن الفيض يتناسب طرديا مع الجهد المتولد V و عكسيا مع التردد F

$$\emptyset \propto \frac{V}{F}$$

كما يمكن استنتاج العلاقة نفسها من المعادلة المشهورة $V = 4.44\ N\ \phi\ F$

و بالتالي يمكن قياس الفيض أو بمعنى أدق يمكن قياس كمية تتناسب مع الفيض باستخدام الكمية الجديدة (V/F) فإذا ارتفع الفيض عن قيمة محددة فإن ذلك يعني أن الجهد سيرتفع و أن التردد سينخفض و تصبح الكمية (V/F) عالية جدا ومن ثم يتم فصل المحول. و يتم تدريج جهاز الحماية ضد زيادة الفيض بدلالة النسبة (V/F) وتتراوح قيم الضبط من 1 إلى 1.25 و غالبا ما تُضبط على 1.1.

و أبرز الحالات التي تظهر فيها أهمية هذه الحماية هي التي يتم فيها حماية المحول-المولد كوحدة واحدة خاصة في حالة خروج التوربينة من الخدمة مع فرض بقاء منظم الجهد (Voltage Regulator) الخاص بالمولد في الخدمة.

- خروج التوربينة يعني انخفاض السرعة و بالتالي انخفاض التردد
- بقاء منظم الجهد بالخدمة يعني ثبات الجهد
- إذن نسبة (V/F) ستكبر جدا مما يستلزم فصل الوحدة تماما.

نفس المشكلة ستحدث لو تم فصل حمل كبير بصورة فجائية (سريعة) في غياب منظم الجهد.

أهم الإنذارات الموجودة على محولات القدرة

ملاحظات Remarks	الرقم القياسي Standard No.	الإنذار Alarm	مسلسل Sr. No.
NON-TRIP	23	Cooler Failed	1
NON-TRIP	(63QL-1 /63QH-1)	Transformer Main Tank Oil Level (Low/High)	2
NON-TRIP	(63QL-2 /63QH-2)	On-Load Tap Changer Oil Level (Low/High)	3
TRIP ON STAGE 2	96-1	Transformer Main Tank Buchholz Stage 1	4
TRIP	63QP-1	On-Load Tap Changer Protective Relay	5
NON-TRIP	96D-1	Transformer Pressure Relief	6
NON-TRIP	96D-2	On-Load Tap Changer Pressure Relief	7
NON-TRIP	26D-1	Transformer Oil Temperature High Stage 1	8
NON-TRIP	26D-2	Transformer Oil Temperature High Stage 2	9
TRIP ON STAGE 2	49W	Transformer Winding Temperature High Stage 1	10
TRIP	26S	Transformer Fire Protection	11
TRIP	63F	Rapid Pressure Relay	12

حسابات الحماية التفاضلية لمحول قدرة 60 م ف أ جهد 13.8/132 ك ف

يتم حساب التيار على جانبي المحول جهة الجهد المنخفض و جهة الجهد العالي من المعادلة الآتية:-

$$S = \sqrt{3} \times V \times I$$

حيث S هي القدرة الظاهرية لمحول القدرة و V و I هما جهد الخط و تيار الخط على الترتيب و يكون:-

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V}$$

و من ثم يكون التيار الابتدائي و التيار الثانوي على محول القدرة كما يلي:-

$$I_{132\ KV\ side} = \frac{60000000}{\sqrt{3} \times 132000} = 262.432\ Amperes$$

$$I_{13.8\ KV\ side} = \frac{60000000}{\sqrt{3} \times 13800} = 2510.219\ Amperes$$

ومن هنا يتبين أن نسب محولات التيار المناسبة هي كما يلي:-

- على الجهة الابتدائية: 1/300 أمبير
- على الجهة الثانوية : 1/2500 أمبير

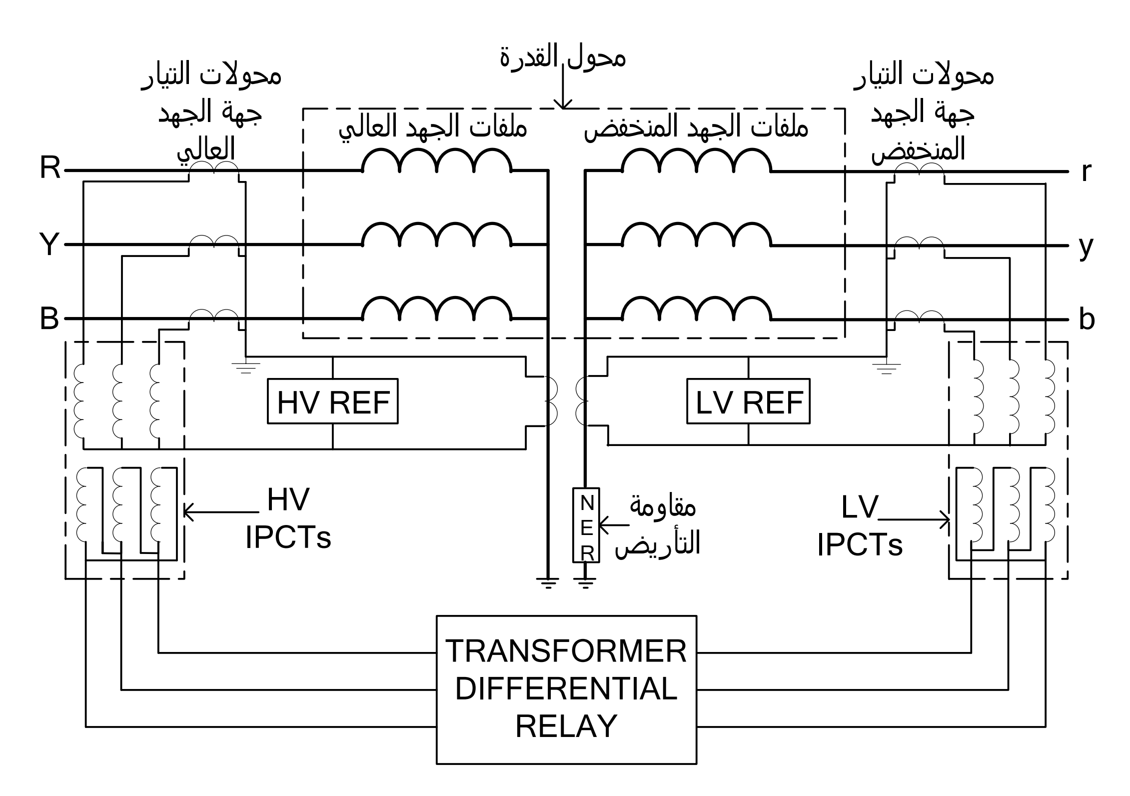
و بناء على ذلك يكون التيار الثانوي لمحولات التيار المستخدمة على جهتي محول القدرة كما يلي:

$$I_{secondary\ (132\ KV\ side)} = \frac{262.432}{300} = 0.8748\ Amperes$$

$$I_{secondary\ (13.8\ KV\ side\ )} = \frac{2510.219}{2500} = 1.004\ Amperes$$

و إذا تم توصيل هذين التيارين مباشرة لجهاز الحماية التفاضلية فإنه سوف يعمل لوجود فرق بين التيارين *(Spill Current)* تماما كما لو كان هناك عطل حقيقي على محول القدرة.(هذا الفرق يساوي 1.004 -0.8748= 0.1292 أمبير).

و لذلك يلزم استخدام محولات تيار وسيطة *Interposing Current Transformers* - (كما في الشكل رقم (46)) - تعمل على جعل الفرق بين التيارين الداخلين (*Spill Current*) إلى جهاز الحماية التفاضلية صغيرا جدا عندما يكون محول القدرة عليه الحمل المقنن له كاملا *Full Load Current*.



شكل رقم (46): استخدام محولات تيار وسيطة مع جهاز الحماية التفاضلية لمحول القدرة

و القاعدة المتبعة في هذه الحسابات أن يمر في كل جهة من جهتي جهاز الحماية التفاضلية التيار المقنن لجهاز الحماية التفاضلية و بذلك نضمن أن يكون الفرق بين التيارين الداخلين (*Spill Current*) إلى جهاز الحماية التفاضلية صغيرا جدا (يكاد يكون صفرا).

و حيث أن محولات التيار الوسيطة *Interposing CT* موصلة ستار / دلتا ,

و حيث أنه في توصيلة الدلتا يكون التيار في الخط يكون مساويا لحاصل ضرب تيار الوجه في $\sqrt{3}$.

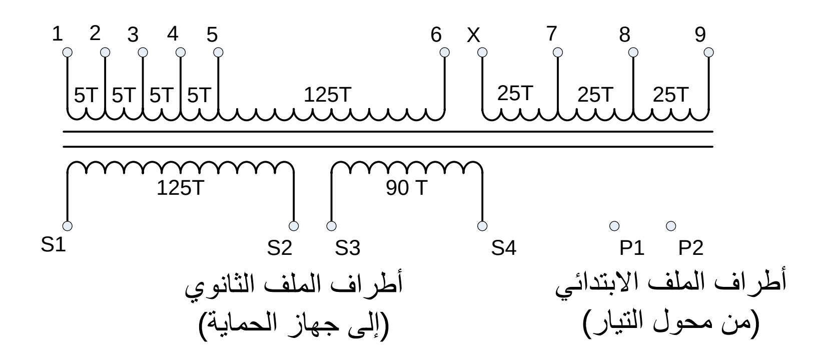
فإن نسبة تحويل محولات التيار الوسيطة *Interposing CT* يجب أن تكون كما يلي:-

$$IPCT\ RATIO\ (HV\ SIDE) = 0.8748 \times \sqrt{3} = 1.516$$

$$IPCT\ RATIO\ (LV\ SIDE) = 1.004 \times \sqrt{3} = 1.7389$$

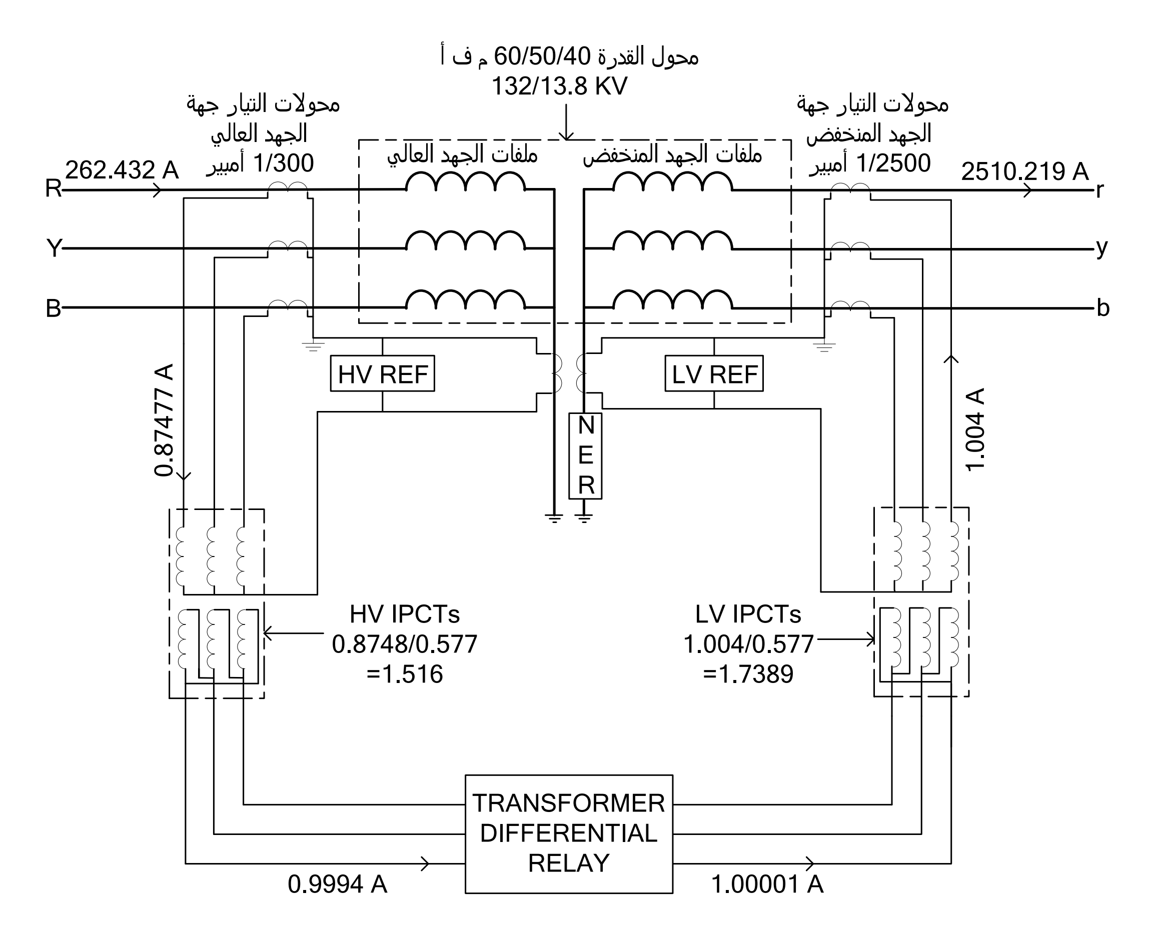
و محولات التيار الوسيطة *Interposing CT* - (كما في الشكل رقم (47)) – و المستخدمة في هذه الحسابات من صناعة شركة ألستوم *ALSTOM* و طرازها هو *GJ0104050* لها لفات ابتدائية و

لفات ثانوية و كل منهما (أي اللفات الابتدائية و اللفات الثانوية) مقسمة إلى عدة لفات يمكن توصيلها بالتوالي أو بالتوازي حسب الحاجة.



شكل رقم (47): محولات التيار الوسيطة

و بفرض أنه بالإمكان الحصول على محولات تيار وسيطة بالنسب السابقة (1.516 و 1.7389) فإن التيارين الداخلين إلى جهاز الحماية من الجهتين الابتدائية و الثانوية سيكونان على الترتيب 0.9994 أمبير و 1.00001 أمبير . و من ثم سيكون الفرق بينهما (و هو ما يسمى بالـ Spill current) 0.000616 أمبير. و يظهر ذلك في الشكل رقم (48).

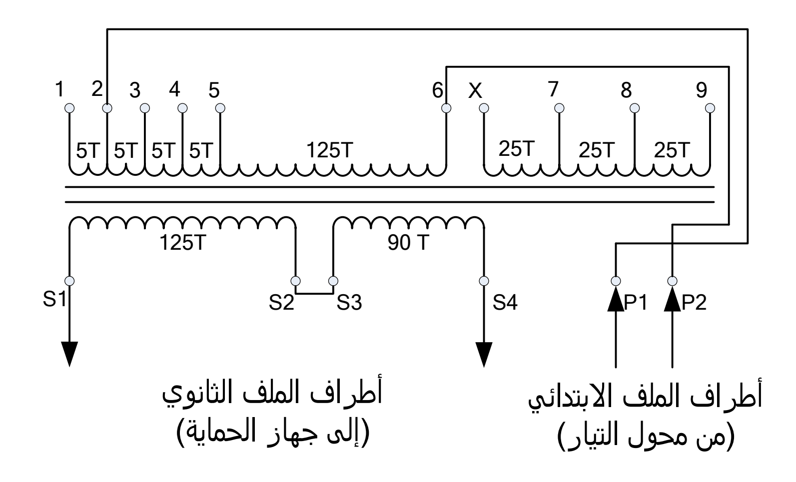


شكل رقم (48): التيارات على جانبي محول القدرة و في محولات التيار حتى جهاز الحماية التفاضلية .

وحيث أنه لا يمكن الحصول على نسب محولات التيار الوسيطة بنفس الدقة المحسوبة فلابد من محاولة الحصول على أقرب النسب الممكنة. و الجدول التالي يوضح عدد اللفات التي باستخدامها يمكن الحصول على أقرب النسب للنسب المطلوبة.و منه يتضح أن النسب القريبة من النسب المطلوبة هي 140/215 للجهة الابتدائية و 140/215 للجهة الثانوية. و هذا الجدول يمكن استنتاجه من الشكل رقم 46.

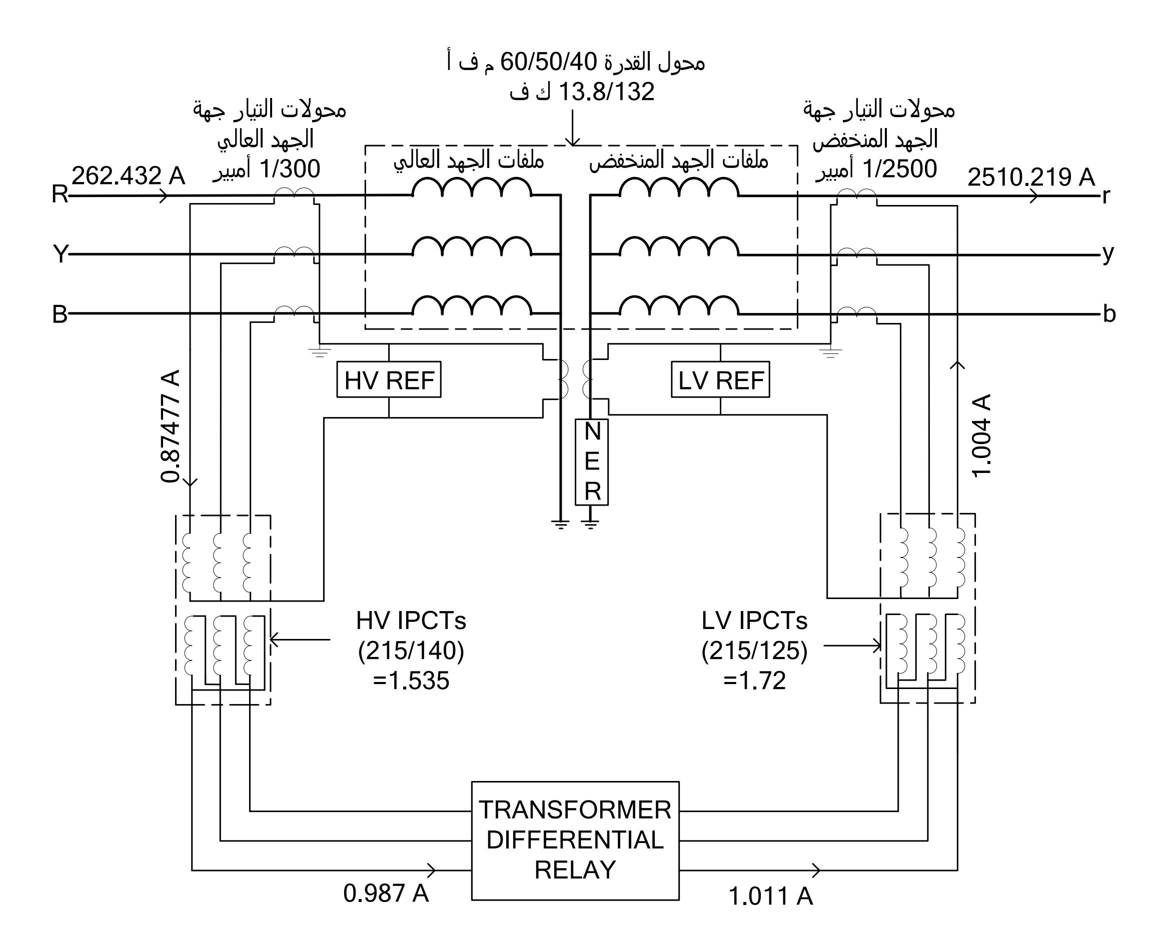
عدد اللفات الابتدائية	215	215	215	215	215	215
عدد اللفات الثانوية	145	140	135	130	125	120
نسبة التحويل	1.4828	1.535	1.59259	1.6538	1.72	غير موجودة

و للحصول على النسبة 140/215 يتم توصيل لفات محولات التيار الوسيطة كما يظهر في الشكل رقم (49).



شكل رقم (49): توصيل محولات التيار الوسيطة بنسبة تحويل 140/215

و بناء على ذلك تكون التيارات الداخلة إلى جهاز الحماية التفاضلية من جهة الجهد العالي و الخارجة منه من جهة الجهد المنخفض كما هو مبين بالشكل رقم(50).



شكل رقم (50): التيارات على جانبي محول القدرة و في محولات التيار حتى جهاز الحماية التفاضلية بعد استخدام محولات تيار وسيطة بأقرب نسب ممكنة.

و من ثم يتضح أن الفرق بين التيارين الداخلين *(Spill Current)* إلى جهاز الحماية التفاضلية يكون 0.024 أمبير , و هو صغير جدا لا يؤدي إلى اشتغال جهاز الحماية التفاضلية. و يجب ملاحظة أن هذا الفرق بين التيارين الداخلين إلى جهاز الحماية كان 0.000616 أمبير لو استخدمت محولات تيار وسيطة بالنسبة المحسوبة نظريا.مما يعني أن معايير اشتغال جهاز الحماية التفاضلية يلزم رفعها قليلا لتفادي اشتغالها الخاطئ عند التيار 0.024 أمبير .

المواصفات الفنية لحماية محولات القدرة

15/5/3	Rev. 0 (1408H)	380 KV/132 KV AUTO TRANSFORMER PROTECTION حماية محول قدرة ذاتي جهد 132/380 ك ف
15/3/3 T1	Rev. 4 (1406H)	132/33 KV TRANSFORMER PROTECTION حماية محول قدرة جهد 33/132 ك ف
15/3/3 T4	Rev. 1 (1407H)	132/13.8 KV TRANSFORMER PROTECTION حماية محول قدرة جهد 13,8/132 ك ف
15/2/3	Rev. 3 (1406H)	33/13.8 KV TRANSFORMER PROTECTION (HV & LV LOCAL CBS) حماية محول قدرة جهد 13,8/33 ك ف

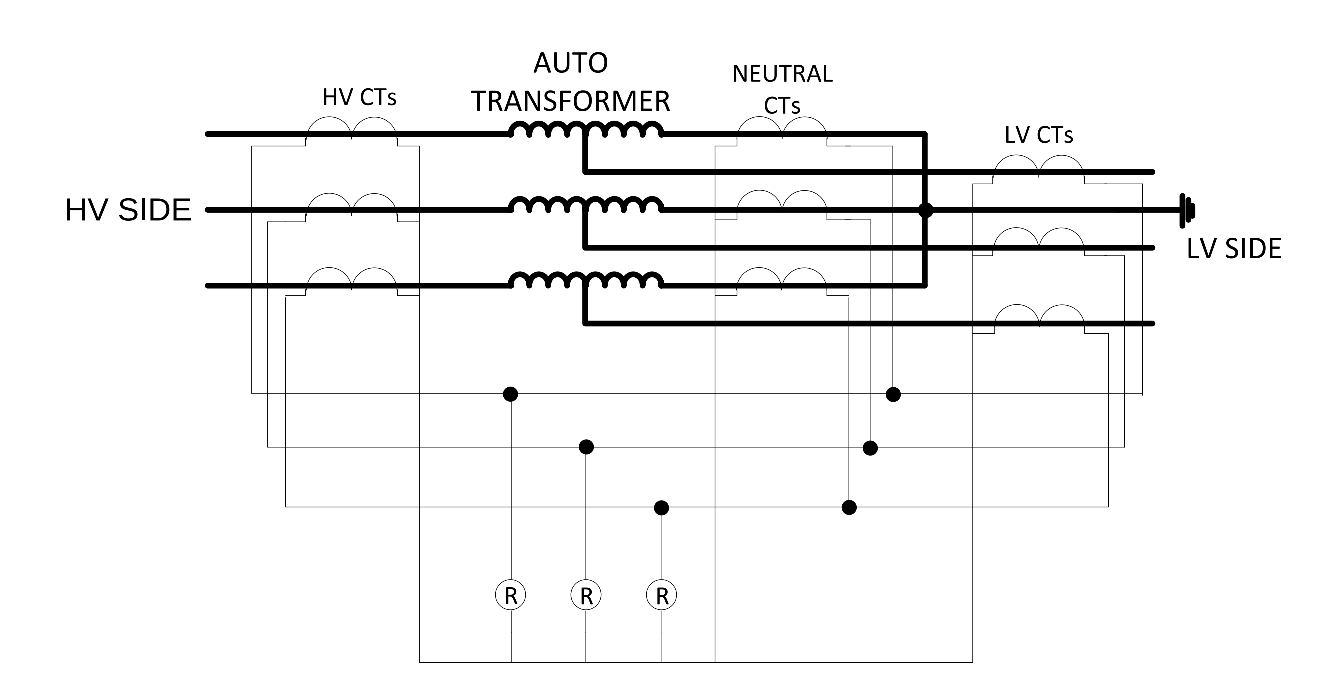
حماية محول القدرة الذاتي جهد 33/132/380 ك.ف

PROTECTION OF 380/132/33 KV AUTO POWER TRANSFORMERS

الحماية الأساسية لمحول القدرة

أ- الحماية الأساسية الأولى First Main Protection (87T1)

وتشمل نظام حماية عالي المعاوقة يعمل بالتيار الدائري و يعمل لحظيا(بدون تأخير زمني) Instantaneous High Impedance Circulating Current Scheme ويتم تغذيته بالتيار من ثلاثة مجموعات من محولات التيار مركبة على أطراف الأوجه الثلاثة لمحول القدرة. المجموعة الأولى مركبة على جهة الـ380 ك ف , المجموعة الثانية مركبة على جهة الـ132 ك ف , المجموعة الثالثة مركبة على جهة نقطة التعادل قبل نقطة النجمة Star Point كما يظهر في الشكل رقم (51).و تجدر الإشارة إلى أن كل محولات التيار لها نفس النسبة.
و في حالة زيادة طول مسار الأسلاك الثانوية لمحولات التيار عن 200 متر يلزم تركيب أجهزة لمراقبة الدوائر الثانوية لمحولات التيار Current Transformer Supervisionو هي عبارة عن جهاز حساس ضد زيادة الجهد ثلاثي الأوجه Sensitive Three Phase Voltage Relay.



شكل رقم (51): الحماية التفاضلية على محول قدرة ذاتي (نفسي) *Auto transformer*

ب- الحماية الأساسية الثانية Second Main Protection (87T2)

وتشمل نظام حماية عالي المعاوقة يعمل بالتيار الدائري و يعمل لحظيا(بدون تأخير زمني) Instantaneous High Impedance Circulating Current Scheme ويتم تغذيته بالتيار من ثلاثة مجموعات من محولات التيار مركبة على أطراف الأوجه الثلاثة لمحول القدرة.المجموعة الأولى مركبة على جهة الـ380 ك ف , المجموعة الثانية مركبة على جهة الـ132 ك ف , المجموعة الثالثة مركبة على جهة نقطة التعادل قبل نقطة النجمة Star Point.و تجدر الإشارة إلى أن كل محولات التيار لها نفس النسبة.
و يجب أن تكون هذه الحماية لمصنع آخر غير مصنع الحماية الأساسية الأولى و ذلك لتفادي الآثار السيئة لتكرار أعطال مكونات الأجهزة.
و في حالة زيادة طول مسار الأسلاك الثانوية لمحولات التيار عن 200 متر يلزم تركيب أجهزة لمراقبة الدوائر الثانوية لمحولات التيار Current Transformer Supervisionو هي عبارة عن جهاز حساس ضد زيادة الجهد ثلاثي الأوجه Sensitive Three Phase Voltage Relay.

ت- أجهزة الحماية الغازية (بوخولز) (Buchholz) (96-2+63QP-2)

هي أجهزة حماية تعمل عند تصاعد غازات من الزيت المحيط بالمحول أو مغير الجهد إلى خزان الزيت العلوي و تركب على كل من المحول الرئيسي و رمزها (96-2) و على مغير الجهد و رمزها (63QP-2). و لكل جهاز ملامسان اثنان, الملامس الأول يعطي إنذارا فقط, و الملامس الثاني يعطي إشارة فصل للمحول.و من الجدير بالذكر أن الملامسين يعملان على مرحلتين في حالة (96-2) و على مرحلة واحدة في حالة (63QP-2).

<u>الحماية الاحتياطية لمحول القدرة</u>

أ- الحماية ضد زيادة التيار على جهة الجهد 380 ك ف
High Voltage IDMT &Inst. Over Current (50/51+62)

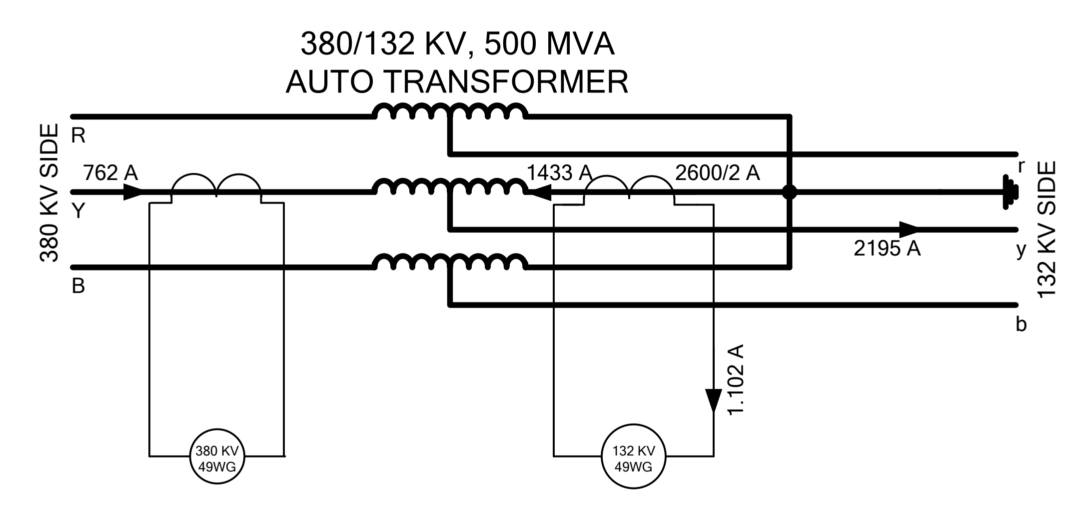
و هو جهاز حماية ضد زيادة التيار يعمل وفق علاقة زمنية عكسية Inverse Time Over Current يغذى من محولات تيار مركبة على جهة الـ380 ك ف لمحول القدرة.
و الجهاز يعطي إشارة فصل لقاطع محول القدرة من جهة الـ132 ك ف و في نفس الوقت يعطى إشارة بدء لمرحل زمني Timer مضبوط على 300 مللي ثانية ,ففي حالة استمرار زيادة التيار بعد فصل قاطع محول القدرة من جهة الـ132 ك ف فإن ذلك يعني أن هناك عطلا داخل المحول نفسه فيتم فصل قاطع محول القدرة من جهة الـ380 ك ف .
و لكون الأعطال القريبة من أطراف محول القدرة جهة الـ380 ك ف يصحبها زيادة تيار كبيرة و من ثم تكون شديدة التأثير على النظام و لكون هذه الأعطال تم عمل تأخير زمني متعمد لها بقدر 300 مللي ثانية فإنه يلزم إضافة وحدات حماية ضد زيادة التيار تعمل لحظيا(بدون تأخير زمني Instantaneous للحماية من هذه الأعطال.و يمكن أن تكون هذه الوحدات في نفس جهاز الحماية ضد زيادة التيار على جهة الجهد 380 ك ف.

ب- حماية ضد زيادة التيار على جهة الجهد 132 ك ف
Low Voltage Extremely Inverse Over Current(51EI)

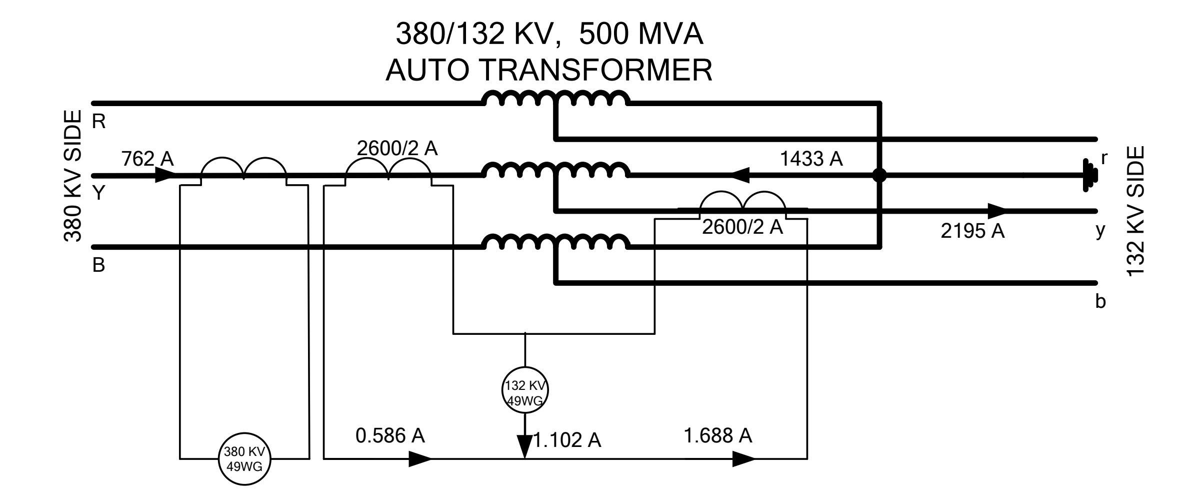
و كحماية احتياطية ضد الأعطال القريبة من أطراف الـ132 ك ف و التي يتم تغذيتها من نظام الـ132 ك ف فإنه يتم تركيب أجهزة حماية ضد زيادة التيار على جهة الجهد 132 ك ف تغذى بالتيار من محولات تيار مركبة على أطراف محول القدرة من جهة الـ132 ك ف وتعمل هذه الأجهزة وفق علاقة شديدة الانعكاس Extremely Inverse Over Current.

ت- الحماية ضد ارتفاع حرارة الملفات Winding Temperature (49T)

هذه الحماية تركب على محول القدرة من جهتين,الأولى جهة الـ380 ك ف و محولات التيار التي تغذي هذه الحماية تركب على أطراف محول القدرة من جهة الـ380 ك ف و الثانية من جهة الـ132 ك ف و محولات التيار التي تغذي هذه الحماية تركب بإحدى طريقتين: أولاهما: على جهة نقطة التعادل لملفات الـ132 ك ف كما في الشكل رقم 52 و ثانيتهما: محولي تيار متصلين معا كما في الشكل رقم 53 . و في كلتا الحالتين فإن التيار المار في جهاز قياس الحرارة يكون واحدا.و هذه الحماية تعطي إنذارا عند درجة حرارة 105°م و تعطي إشارة فصل عند درجة حرارة 130°م . و إشارة الفصل تؤدي إلى فصل محول القدرة من جهة الجهد المنخفض.



شكل رقم (52): توصيل جهازي الحماية ضد ارتفاع درجة حرارة الملفات على جانبي محول قدرة ذاتي من محول تيار واحد على كل جهة



شكل رقم (53): توصيل جهاز الحماية ضد ارتفاع درجة حرارة الملفات على جانبي محول قدرة ذاتي بواسطة محول تيار واحد على جهة و محولي تيار على الجهة الأخرى

ث- جهاز تنفيس ضغط الزيت Pressure Relief (96D)

يركب أعلى سطح محول القدرة. و خلال الأعطال الداخلية تحت مستوى الزيت فإن درجة حرارة القوس تؤدي إلى تحلل الزيت و تزايد الضغط مما يؤدي إلى اشتغال جهاز تنفيس الضغط و فتح صمام لمعادلة الضغط و بالتالي قفل ملامس يعطي إنذارا فقط. و بعد عمل الجهاز يلزم إعادة وضع الصمام يدويا.

الحماية الأساسية للفات الثالثة وملحقاتها

أ- الحماية ضد زيادة التيار على أطراف اللفة الثالثة لمحول القدرة
Instantaneous High Impedance Relay(50-1)

في حالة استخدام اللفات الثالثة كمصدر لتغذية المصدر المساعد بالمحطة فإنه يلزم تركيب أجهزة حماية عالية المعاوقة تعمل لحظيا Instantaneous High Impedance Relay تغذى من محولات تيار مركبة على أطراف اللفة الثالثة لمحول القدرة.

ب- الحماية المقيدة ضد التسرب الأرضي
Instantaneous Restricted Earth Fault Relay(64-1)
يركب على نقطة التعادل لمحول التأريض من جهة الـ33 ك ف وهو جهاز عالي المعاوقة يعمل لحظيا Instantaneous High Impedance Relay.

ت- جهاز الحماية الغازية (بوخولز) (Buchholz) (96-4)

هو جهاز حماية يعمل عند تصاعد غازات من الزيت المحيط بالمحول إلى خزان الزيت العلوي و يركب على المحول المساعد/محول التأريض. و للجهاز ملامسين اثنين, الملامس الأول يعطي إنذارا فقط,و الملامس الثاني يعطي إشارة فصل للمحول الرئيسي.

الحماية الاحتياطية للفات الثالثة وملحقاتها

أ- الحماية ضد زيادة التيار على أطراف اللفة الثالثة لمحول القدرة
Inverse Time Over Current Relays(51-1)

وهي أجهزة حماية ضد زيادة التيار تعمل وفق علاقة عكسية Inverse Time Over Current Relays و تغذى من محولات تيار مركبة على أطراف اللفة الثالثة لمحول القدرة جهد 33ك ف .

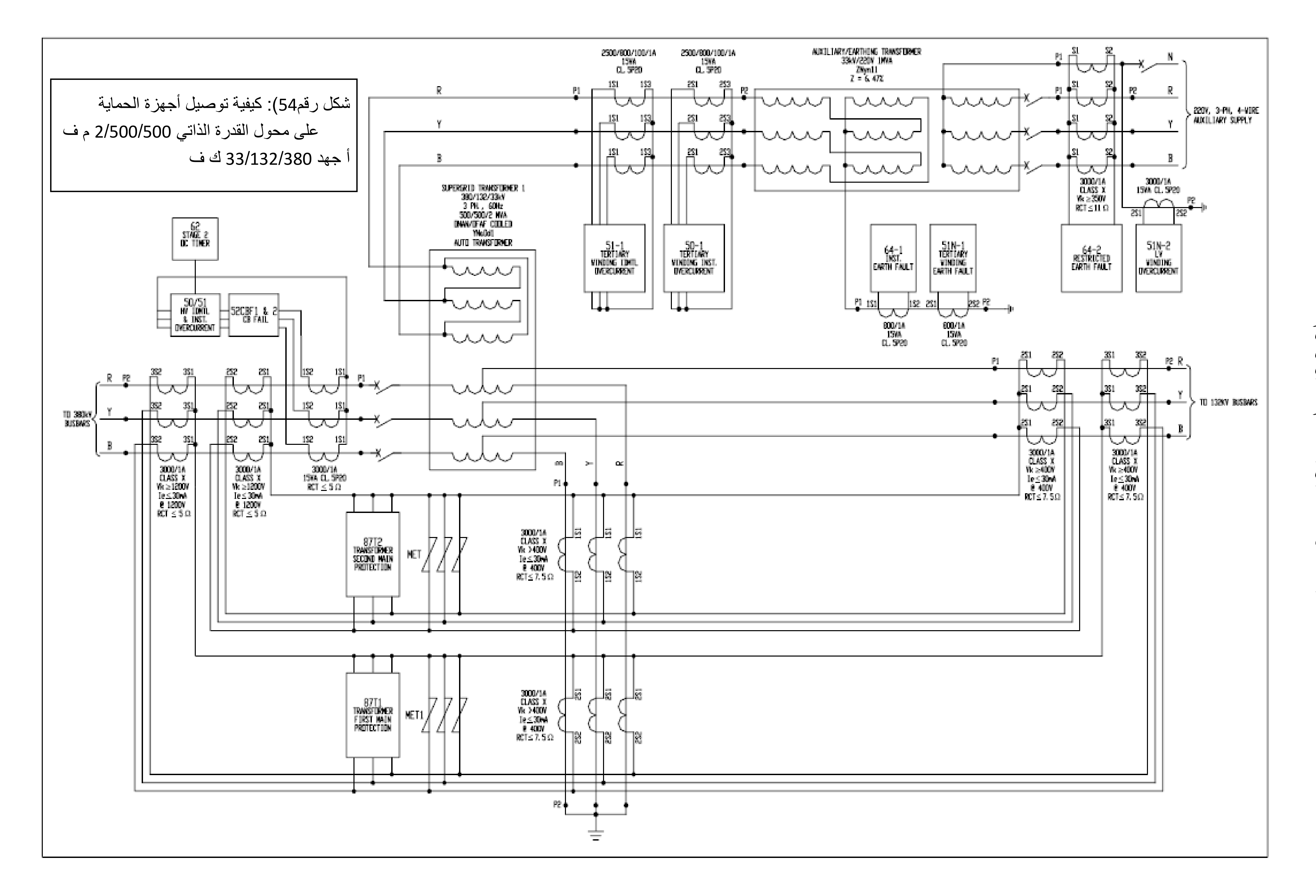
ب- الحماية المقيدة ضد التسرب الأرضي على جهة الجهد المنخفض220 ف
220 Volts Restricted Earth Fault Relay (64-2)

و هو يغذى من محول تيار مركب على نقطة التعادل لمحول التأريض جهة الجهد المنخفض 220 فولت و من محولات تيار مركبة عل الثلاثة أوجه من جهة الجهد المنخفض 220 فولت وهو جهاز عالي المعاوقة يعمل لحظيا Instantaneous High Impedance Relay.

ت- الحماية ضد التسرب الأرضي على نقطة التعادل لمحول التأريض
Tertiary Winding Earth Fault Relay (51N-1)

هو جهاز حماية مركب على نقطة التعادل لمحول التأريض جهة الـ33 ك ف و يعمل وفق علاقة عكسية Inverse Time Earth Fault Relay

الشكل رقم (54) يبين نظام الحماية المتكامل مطبق فعلا في المحطات.



شكل رقم54: كيفية توصيل أجهزة الحماية على محول القدرة الذاتي 2/500/500 م ف أ جهد 33/132/380 ك ف

أجهزة فصل المحول عند حدوث أعطال Tripping Relays

- يوجد جهازين اثنين للفصل كل جهاز يعمل من مصدر جهد مستمر مستقل و يعطي إشارة فصل لملف فصل مستقل و يركبان على خلايا الحماية للمحول جهة 380 ك ف و هذين الجهازين يعملان (يعطيان إشارة فصل للقاطع جهة 380 ك ف) من مصادر مختلفة .

الجهاز الأول 86T1 يعمل من مصدر التيار المستمر رقم 1 و يعطي إشارة فصل لملف الفصل رقم 1 و يعمل عند اشتغال أي من أجهزة الحماية الآتية:

1. جهاز الحماية الأساسية الأولى (87T1).
2. الحماية ضد زيادة التيار على جهة الجهد 380 ك ف(50/51+62)
3. الحماية المقيدة ضد التسرب الأرضي(64-1)
4. الحماية ضد زيادة التيار على أطراف اللفة الثالثة لمحول القدرة(50-1).
5. جهاز الحماية الغازية على محول القدرة الرئيسي(96-2).
6. جهاز الحماية الغازية على مغير الجهد(63QP-2).
7. جهاز الحماية الغازية على المحول المساعد/محول التأريض(96-4).
8. جهاز حماية الكابل جهد 132 ك ف من المحول و حتى القضبان جهد 132 ك ف و هو جهاز عالي المعاوقة يعمل بالتيار الدائري و يعمل لحظيا (بدون تأخير زمني)(87CT1).

الجهاز الثاني 86T2 يعمل من مصدر التيار المستمر رقم 2 و يعطي إشارة فصل لملف الفصل رقم 2 و يعمل عند اشتغال أي من أجهزة الحماية الآتية:

1. جهاز الحماية الأساسية الثانية 87T2.
2. الحماية المقيدة ضد التسرب الأرضي على جهة الجهد المنخفض220 فولت (64-2).
3. الحماية ضد زيادة التيار على أطراف اللفة الثالثة لمحول القدرة(51-1).
4. الحماية ضد التسرب الأرضي على نقطة التعادل لمحول التأريض (51N-1).
5. جهاز حماية الكابل جهد 132 ك ف من المحول و حتى القضبان جهد 132 ك ف و هو جهاز عالي المعاوقة يعمل بالتيار الدائري و يعمل لحظيا (بدون تأخير زمني)(87CT1).
6. جهاز الحماية ضد زيادة التيار على الجهد 132 ك ف و الذي يعمل وفق علاقة زمنية شديدة الانعكاس (Long Time Inverse) (51EI) .

و يمكن إعادة هذين الجهازين لوضعهما الطبيعي باليد Hand Reset أو كهربيا Electrically reset من خلية الحماية (أي بحضور المختص إلى المحطة و معرفة الأجهزة التي اشتغلت و سبب الفصل و إمكانية إرجاع المحول الخدمة من عدمه). و تعطي هذه الأجهزة إشارات إلى لوحة التحكم بالمحطة و منها إلى مركز التحكم عند اشتغالها.

❖ كما يوجد جهازين آخرين لفصل قاطع جهد الـ132 ك ف و قاطع الجهد المنخفض220 فولت و يعودان إلى وضعهما الطبيعي آليا Self Reset بعد اشتغالهما و هما :

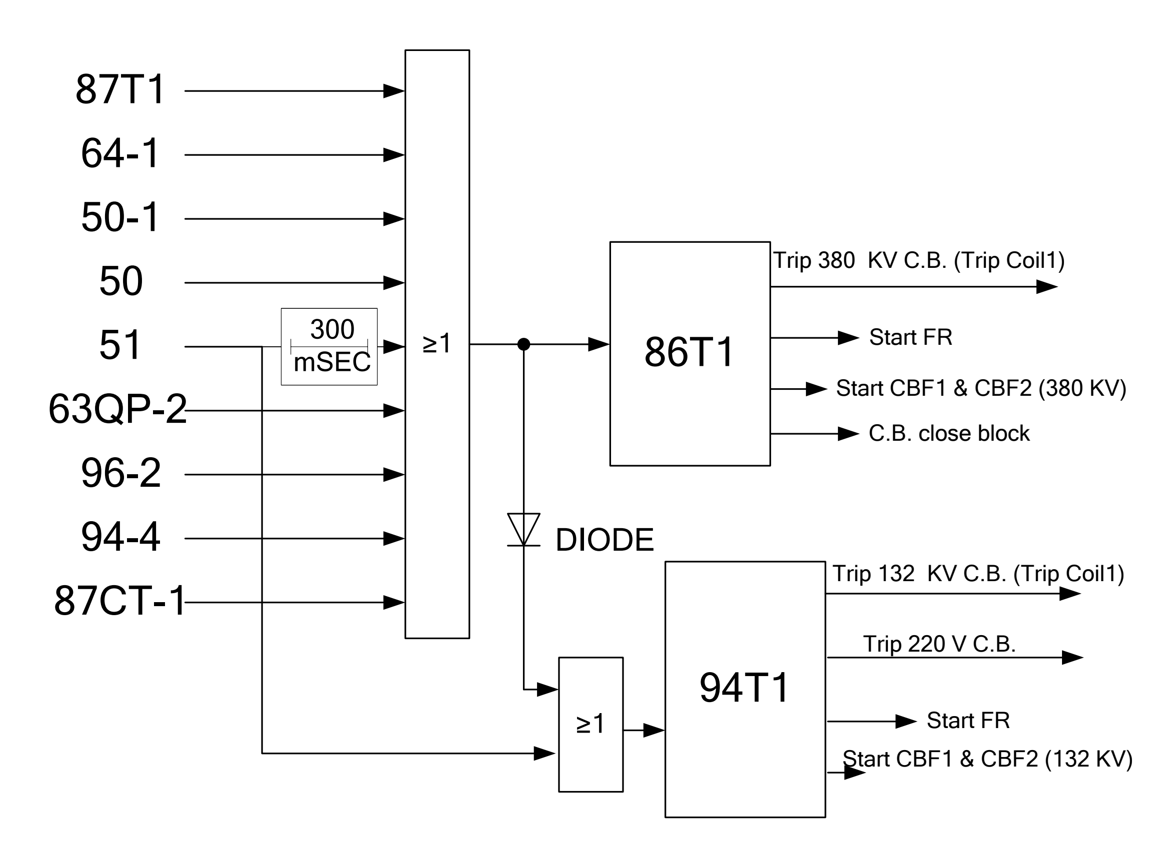
<u>الجهاز الأول 94T1</u> يعمل عند اشتغال أي من أجهزة الحماية الآتية:

1. جهاز الحماية ضد زيادة التيار المركب جهة الـ380 ك ف في حالة تجاوز التيار المار لمعايير زيادة الحمل (51).
2. كل الأجهزة التي أدت إلى اشتغال 86T1 (بطريقة توصيل موحد DIODE تمنع تشغيل 86T1 عند اشتغال 94T1).

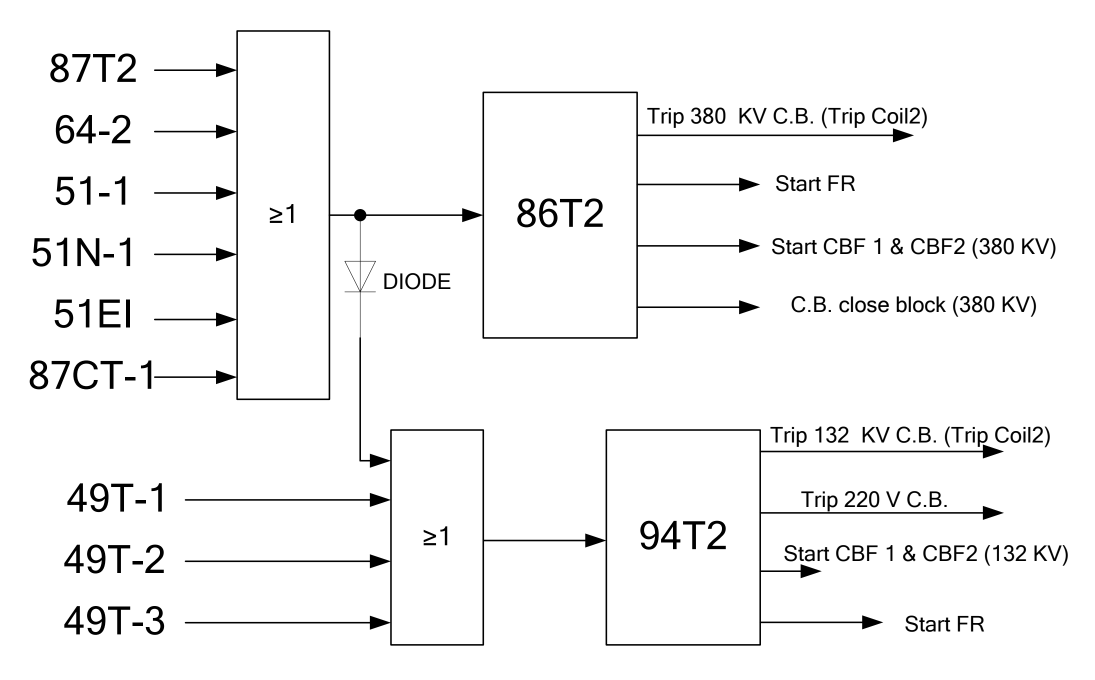
<u>الجهاز الثاني 94T2</u> يعمل عند اشتغال أي من أجهزة الحماية الآتية:

1. أجهزة قياس درجة الحرارة المركبة على ملفات محول القدرة من الجهات الثلاثة من جهد, 380 ك ف و جهد 132 ك ف و جهد 33 ك ف .
2. كل الأجهزة التي أدت إلى اشتغال 86T2 (بطريقة توصيل موحد DIODE تمنع تشغيل 86T2 عند اشتغال 94T2).

و الشكل رقم 55 يبين عمل الجهازين 86T1 و 94T1.
و الشكل رقم 56 يبين عمل الجهازين 86T2 و 94T2.



شكل رقم (55): عمل جهازي الفصل *86T1* و *94T1*



شكل رقم (56): عمل جهازي الفصل 86T2 و94T2

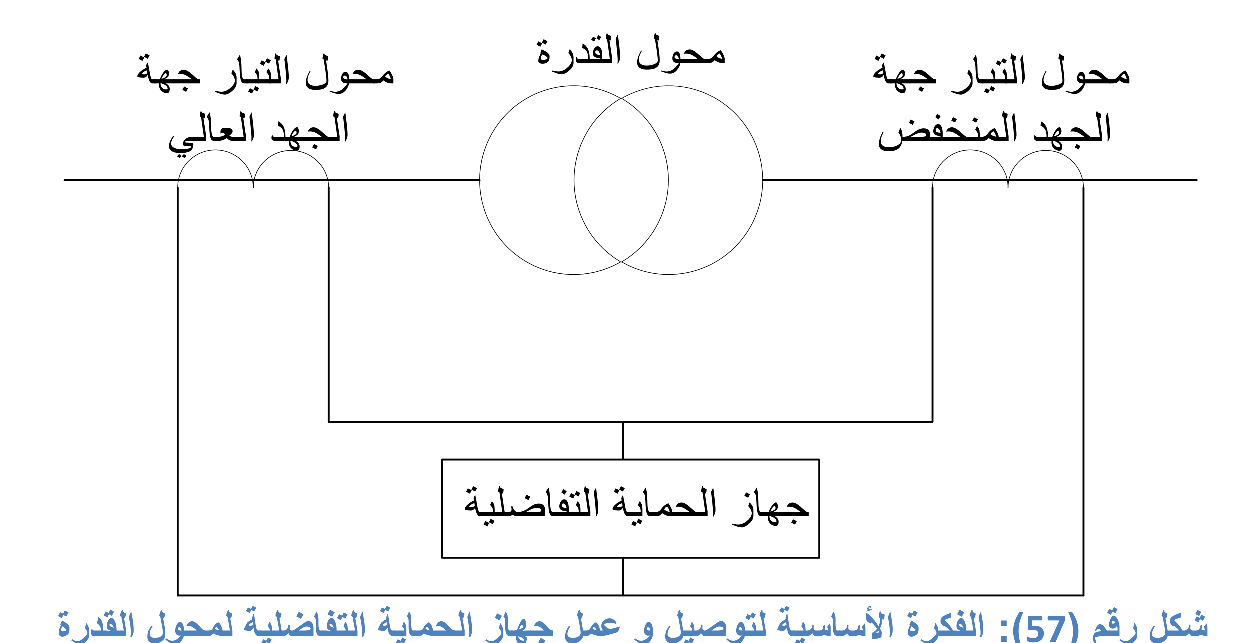
حماية محول القدرة جهد 33/132 ك.ف

PROTECTION OF 132/33 KV POWER TRANSFORMERS

الحماية الأساسية (الرئيسية)

جهاز الحماية التفاضلية Differential Protection Relay(87T)

هو جهاز الحماية التفاضلية الرئيسية و الذي يقارن بين التيارات الداخلة و الخارجة من المحول كما يظهر من الشكل رقم (57). و في الوضع الطبيعي يكون هناك اتزان بين التيارين الداخل و الخارج على كل وجه من أوجه المحول الثلاثة كل على حدة و عند حدوث خلل في هذا الاتزان يصدر جهاز الحماية التفاضلية إشارة فصل للقواطع التي تغذي المحول من الجهتين. و هذا الجهاز مزود داخليا بما يمكنه من تحديد التوافقيات في التيار و من ثم لا يشتغل في حالة وجود تيار اندفاعي Inrush Current. و يغطي هذا الجهاز الأعطال بين الأوجه و بعضها البعض و بين الأوجه و الأرض. و يعطي هذا الجهاز إشارات إلى لوحة التحكم بالمحطة و منها إلى مركز التحكم عند اشتغاله و الحديث من هذه الأجهزة يعطي إشارة (إنذار) أيضا عند حدوث عطل به .



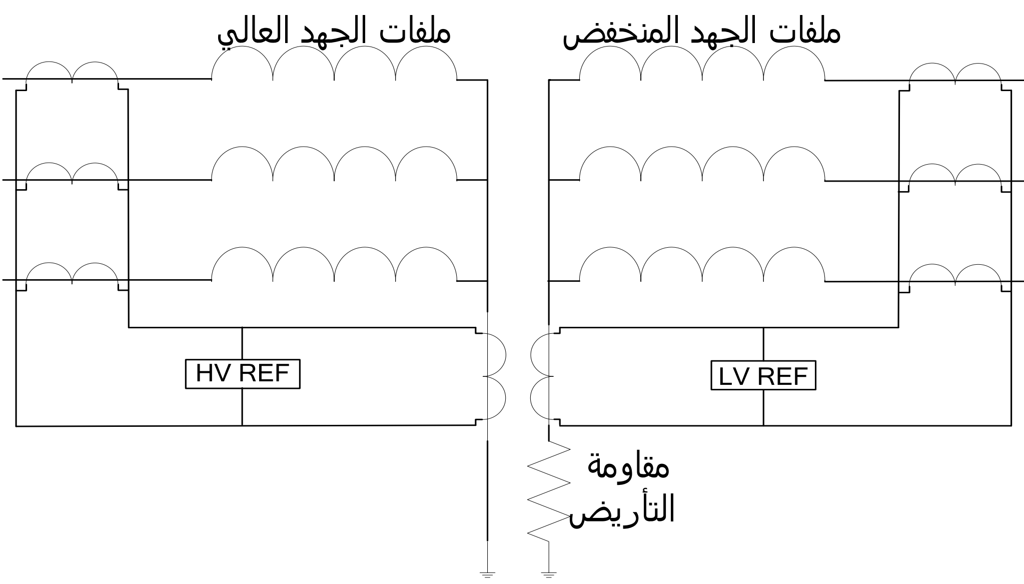
شكل رقم (57): الفكرة الأساسية لتوصيل و عمل جهاز الحماية التفاضلية لمحول القدرة

جهاز الحماية المقيد ضد التسرب الأرضي على جهة الجهد العالي 132 ك ف
Restricted Earth Fault (132 KV Side)(64NP)

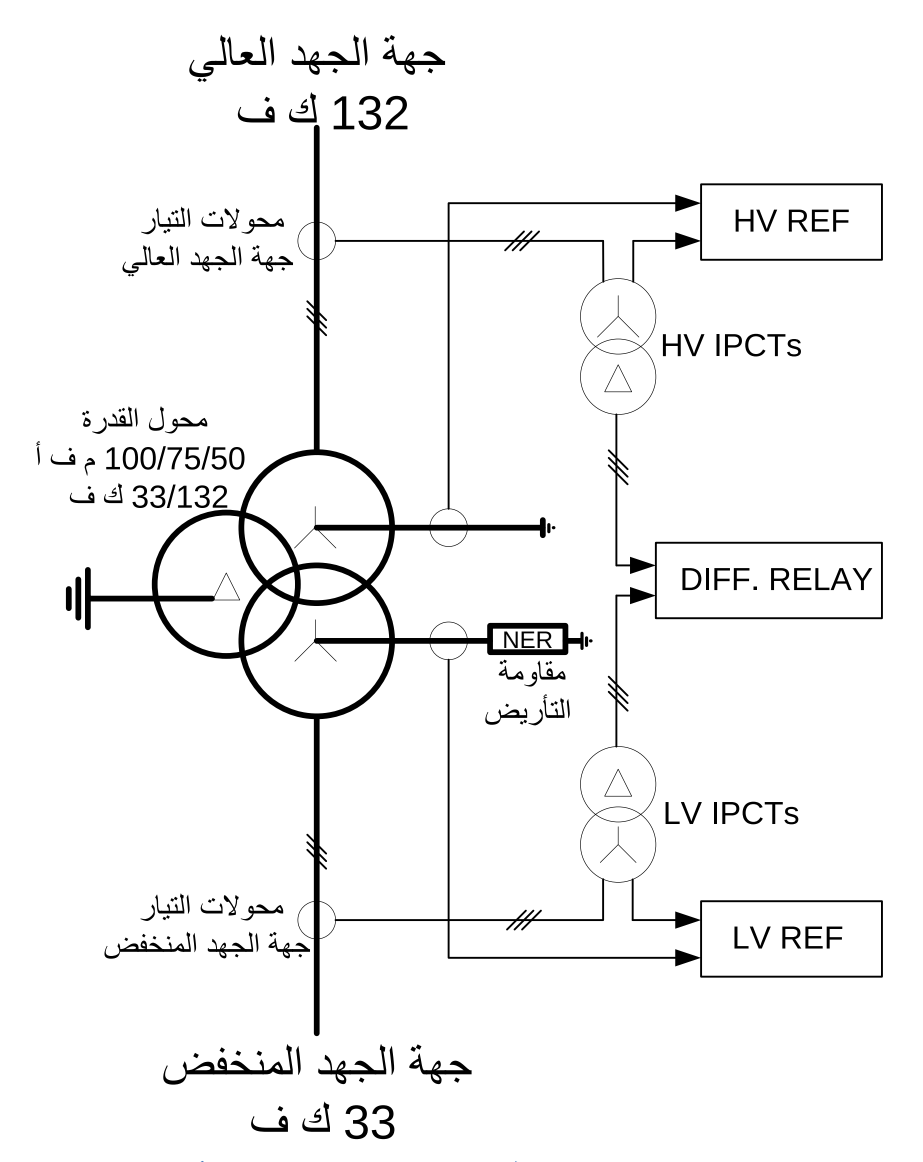
هو جهاز يقارن بين مجموع التيارات على الأوجه الثلاثة في جهة الجهد العالي للمحول (مستخدما نفس محولات التيار المستخدمة لجهاز الحماية التفاضلية) و تيار نقطة التعادل لجهة الجهد العالي لنفس المحول و هذا الجهاز من النوع عالي المعاوقة High Impedance و هو يحمي و يحدد الأعطال القريبة من نقطة التعادل جهة الجهد العالي و التي يصعب تغطيتها بواسطة جهاز الحماية التفاضلية الرئيسية. ويفصل هذا الجهاز مفتاحي الجهد العالي و المنخفض للمحول. و يعطي هذا الجهاز إشارات إلى لوحة التحكم بالمحطة و منها إلى مركز التحكم عند اشتغاله.

جهاز الحماية المقيد ضد التسرب الأرضي على جهة الجهد المنخفض33 ك ف
Restricted Earth Fault (33 KV Side)(64NS)

هو جهاز يقارن بين مجموع التيارات على الأوجه الثلاثة في جهة الجهد المنخفض للمحول كما يظهر في الشكل رقم (58) (و غالبا ما يتم ذلك باستخدام نفس محولات التيار المستخدمة لجهاز الحماية التفاضلية كما يظهر في الشكل رقم (59)) و تيار نقطة التعادل لجهة الجهد المنخفض لنفس المحول و هذا الجهاز من النوع عالي المعاوقة High Impedance و هو يحمي و يحدد الأعطال القريبة من نقطة التعادل جهة الجهد المنخفض و التي يصعب تغطيتها بواسطة جهاز الحماية التفاضلية الرئيسية. ويفصل هذا الجهاز مفتاحي الجهد العالي و المنخفض للمحول. و يعطي هذا الجهاز إشارات إلى لوحة التحكم بالمحطة و منها إلى مركز التحكم عند اشتغاله.



شكل رقم (58): توصيل جهاز الحماية المقيدة ضد التسرب الأرضي من محولات التيار على الأوجه الثلاثة و محول تيار على نقطة التعادل



شكل رقم (59): توصيل جهاز الحماية المقيدة ضد التسرب الأرضي من نفس محولات التيار المستخدمة في جهاز الحماية التفاضلية لمحول القدرة

جهاز الحماية الغازية (بوخولز) للمحول
Buchholz Relay (Main Tank) .

هو جهاز الحماية الغازية بالمحول و هو مركب بين جسم المحول و خزان الزيت الرئيسي بالمحول و يحدد حدوث عطل بالمحول إذا أحس بوجود غازات متصاعدة إلى خزان الزيت بالمحول و هو يعطي إنذار عند حدوث تصاعد غازات بكمية بسيطة. ويعطي إشارة فصل عند تصاعد غازات بكميات كبيرة و يعطي أيضا إشارة إلى لوحة التحكم بالمحطة و منها إلى مركز التحكم عند اشتغاله على أي من المرحلتين.

جهاز الحماية الغازية (بوخولز) لمغير جهد المحول
Buchholz Relay (Tap Changer Tank).

هو جهاز الحماية الغازية بمغير الجهد للمحول و هو مركب بين جسم المغير و خزان الزيت بالمحول و يحدد حدوث عطل إذا أحس بوجود غازات متصاعدة إلى خزان الزيت

بالمحول ويعطي إشارة فصل عند تصاعد غازات و في نفس الوقت يعطي أيضا إشارة إلى لوحة التحكم بالمحطة و منها إلى مركز التحكم عند اشتغاله.

جهاز الحماية ضد ارتفاع حرارة الملفات Winding Temperature

ترتفع درجة حرارة ملفات المحول إذا زاد الحمل عليه وعند زيادة درجة الحرارة يعطي جهاز قياس درجة الحرارة إشارة إلى مراوح التبريد المجموعة الأولى لتعمل. فان لم تنخفض درجة الحرارة يعطي جهاز قياس درجة الحرارة إشارة إلى مراوح التبريد المجموعة الثانية لتعمل. فان لم تنخفض درجة الحرارة يعطي جهاز قياس درجة الحرارة إنذار بارتفاع درجة الحرارة المرحلة الأولى. فان لم تنخفض درجة الحرارة يعطي جهاز قياس درجة الحرارة إنذار بارتفاع درجة الحرارة المرحلة الثانية مع القيام بفصل المحول من جهة الجهد المنخفض.و يظهر بلوحة التحكم بالمحطة و كذلك بمركز التحكم (درجة حرارة الملفات المرحلة الأولى) و (درجة حرارة الملفات المرحلة الثانية).

<u>الحماية الاحتياطية</u>

جهاز الحماية ضد زيادة التيار على جهة الجهد العالي 132 ك ف
Back up Over current Protection (132 KV Side)(50/51P)

هو جهاز الحماية الاحتياطية ضد زيادة التيار (على الأوجه الثلاثة) و هو مركب جهة الجهد العالي من المحول و يفصل هذا الجهاز مفتاحي الجهد العالي و المنخفض للمحول. و يعطي هذا الجهاز إشارات إلى لوحة التحكم بالمحطة و منها إلى مركز التحكم عند اشتغاله. و الحديث من هذه الأجهزة يعطي إشارة (إنذار) أيضا عند حدوث عطل به .

جهاز الحماية ضد زيادة التيار و التسرب الأرضي على جهة الجهد المنخفض 33 ك ف
Back up Over current & Earth Fault Protection (33 KV Side)(50S/51S/50NS/51NS)

هو جهاز الحماية الاحتياطية ضد زيادة التيار (على وجهين فقط أو ثلاثة أوجه) و التسرب الأرضي و هو مركب جهة الجهد المنخفض من المحول و يفصل هذا الجهاز مفتاح الجهد المنخفض للمحول فقط و يعطي هذا الجهاز إشارات إلى لوحة التحكم بالمحطة و منها إلى مركز التحكم عند اشتغاله. و الحديث من هذه الأجهزة يعطي إشارة (إنذار) أيضا عند حدوث عطل به .

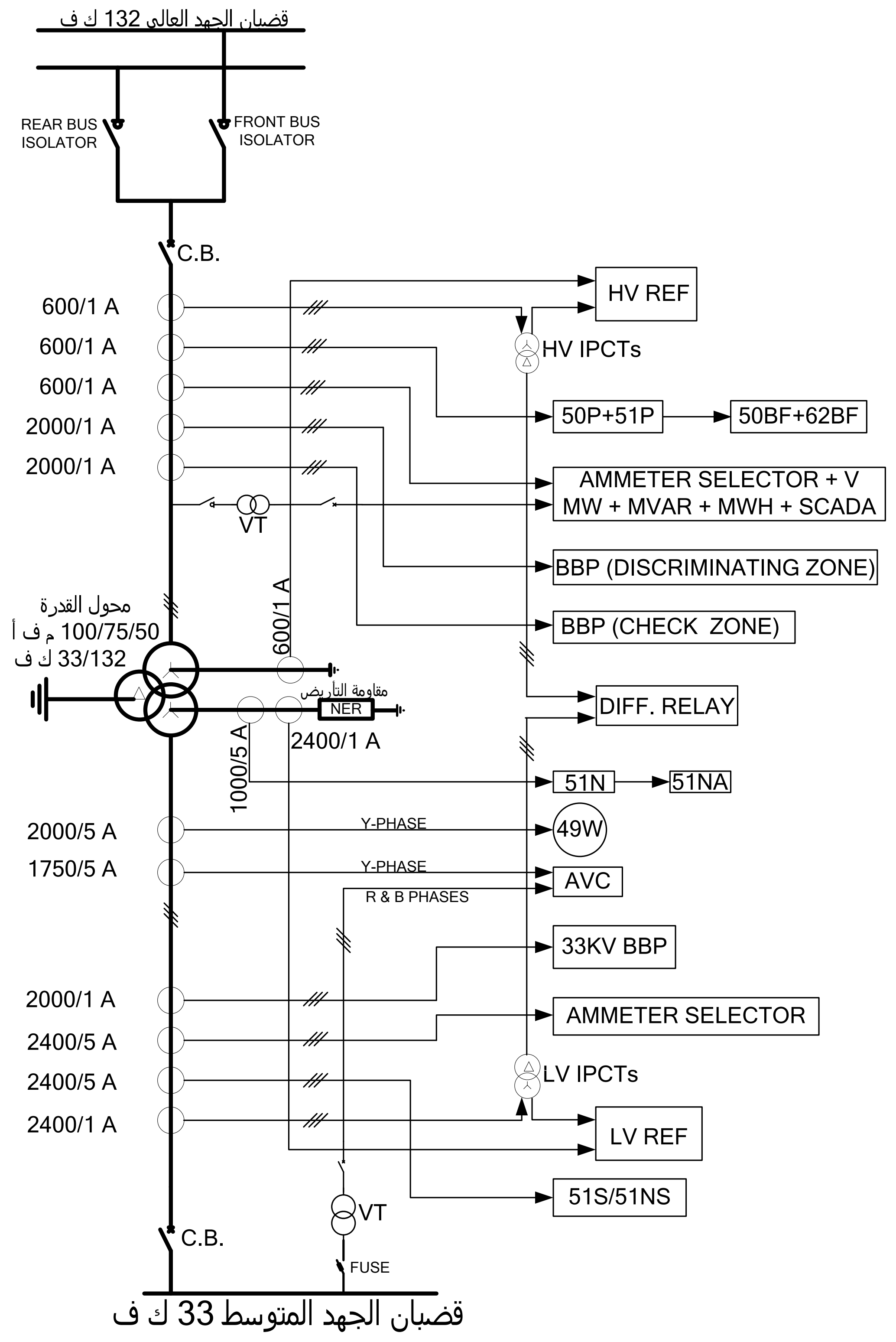
جهاز الحماية الاحتياطية ضد التسرب الأرضي على جهة الجهد المنخفض33 ك ف
Stand By Earth Fault (SBEF) Relay (33 KV)(51N).

هو جهاز الحماية الاحتياطية ضد التسرب الأرضي و هو مركب جهة الجهد المنخفض من المحول و يغذى بتيار المركبة الصفرية من نقطة التعادل و زمن اشتغاله يتبع العلاقة العكسية طويلة الزمن Long Time Inverse و هو أكبر من زمن اشتغال جهاز الحماية ضد التسرب الأرضي المركب على كل مغذيات الخروج ليعطي فرصة للعطل ليتم عزله بواسطة جهاز/ أجهزة الحماية على المغذي الذي عليه العطل بدلا من فصل المحول الذي يغذي في نفس

الوقت مغذيات سليمة أخرى. و يعطي هذا الجهاز إشارات إلى لوحة التحكم بالمحطة و منها إلى مركز التحكم عند اشتغاله. و الحديث من هذه الأجهزة يعطي إشارة (إنذار) أيضا عند حدوث عطل به .

توصيل أجهزة الحماية المركبة على محول قدرة 100 م ف أ وجهد 33/132 ك ف

و الشكل رقم (60) يبين كيفية توصيل أجهزة الحماية المركبة على محول قدرة 100 م ف أ وجهد 33/132 ك ف



شكل رقم (60): توصيل أجهزة الحماية المركبة على محول جهد 33/132 ك ف

و قدرة 100 م ف أ

أجهزة فصل المحول عند حدوث أعطال Tripping Relays

❖ يوجد جهازين اثنين للفصل 86T1 و 86T2 كل جهاز يعمل من مصدر جهد مستمر مستقل و يعطي إشارة فصل لملف فصل مستقل و يركبان على خلية الحماية للمحول جهة 132 ك ف و هذين الجهازين يعملان (يعطيان إشارة فصل للقاطع جهة 132 ك ف) من مصادر مختلفة .كما يتبين من الشكل رقم (61) و الشكل رقم (62).

الجهاز الأول 86T1 يعمل عند اشتغال أي من أجهزة الحماية الآتية:

1. جهاز الحماية التفاضلية (87T).
2. جهاز الحماية ضد زيادة التيار على جهة الجهد العالي 132 ك ف (50/51P).
3. جهاز الحماية الاحتياطية ضد التسرب الأرضي على جهة الجهد المنخفض33 ك ف (51N).

الجهاز الثاني 86T2 يعمل عند اشتغال أي من أجهزة الحماية الآتية:

1. جهاز الحماية المقيد ضد التسرب الأرضي على جهة الجهد العالي132 ك ف (64NP).
2. جهاز الحماية المقيد ضد التسرب الأرضي على جهة الجهد المنخفض33 ك ف (64NS).
3. جهاز الحماية الغازية (بوخولز) للمحول(96-2).
4. جهاز الحماية الغازية (بوخولز) لمغير جهد المحول(63QP-2).

و يمكن إعادة هذين الجهازين لوضعهما الطبيعي باليد Hand Reset أو كهربيا Electrically reset من خلية الحماية (أي بحضور المختص إلى المحطة و معرفة الأجهزة التي اشتغلت و سبب الفصل و إمكانية إرجاع المحول الخدمة من عدمه). و تعطي هذه الأجهزة إشارات إلى لوحة التحكم بالمحطة و منها إلى مركز التحكم عند اشتغالها.

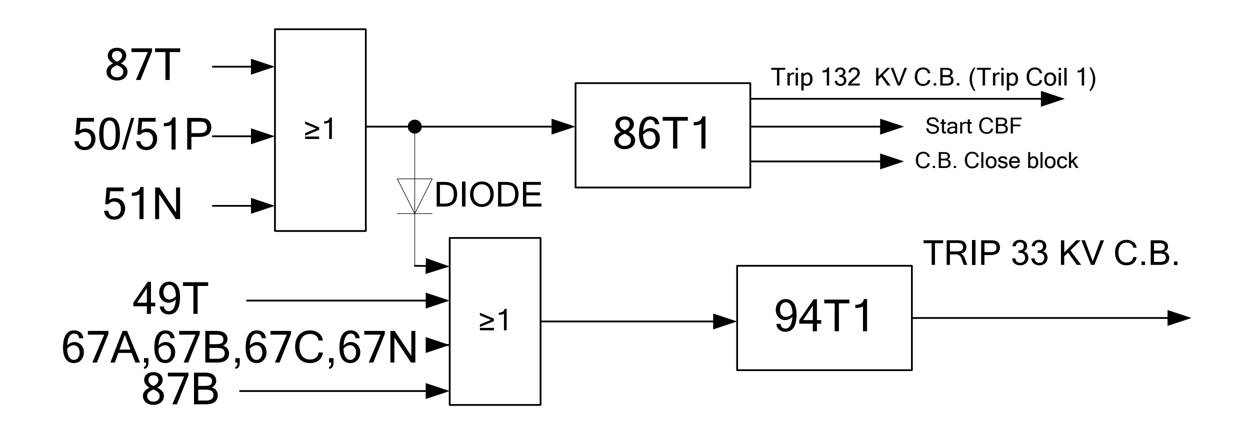
❖ كما يوجد جهازين آخرين يعودان إلى وضعهما الطبيعي آليا Self-Reset بعد اشتغالهما و هما :

الجهاز الأول 94T1 يعمل عند اشتغال أي من أجهزة الحماية الآتية:

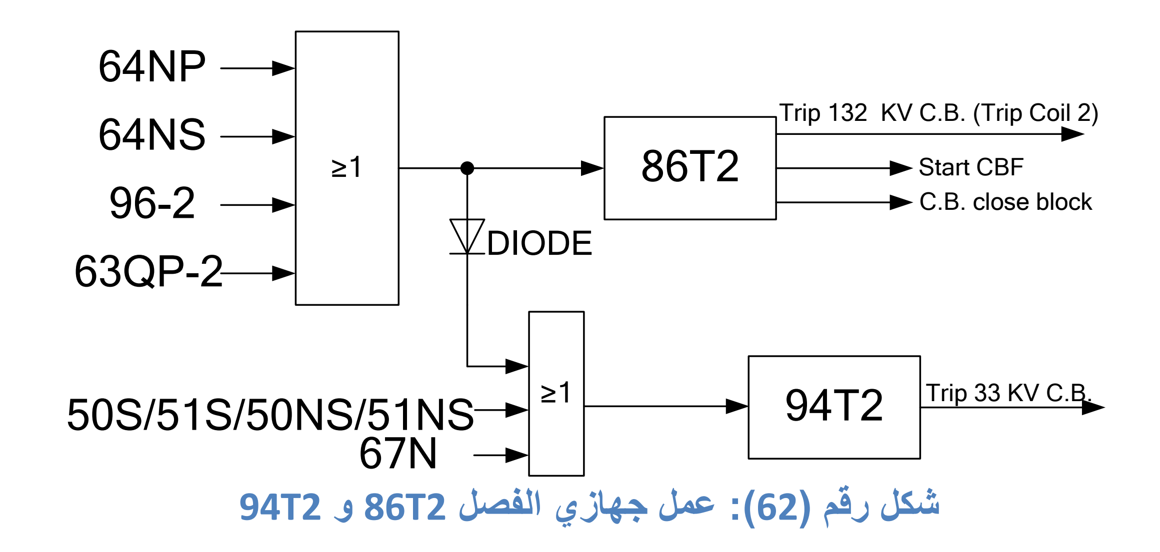
1. جهاز الحماية ضد ارتفاع حرارة الملفات.
2. جهاز حماية القضبان جهد 33 ك ف.
3. جهاز الحماية الاتجاهية ضد زيادة التيار و التسرب الأرضي على جهة الجهد المنخفض33 ك ف (هذا الجهاز يستخدم في حالة وجود القاطع جهد 132 ك ف الخاص بالمحول في محطة أخرى)
4. كل الأجهزة التي أدت إلى اشتغال 86T1 (بطريقة توصيل موحد DIODE تمنع تشغيل 86T1 عند اشتغال 94T1).

الجهاز الثاني 94T2 يعمل عند اشتغال أي من أجهزة الحماية الآتية:

1. جهاز الحماية ضد زيادة التيار و التسرب الأرضي على جهة الجهد المنخفض33 ك ف (50S/51S/50NS/51NS).
2. جهاز الحماية ضد التسرب الأرضي على نقطة التعادل جهة 132 ك ف (هذا الجهاز يستخدم في حالة وجود القاطع جهد 132 ك ف الخاص بالمحول في محطة أخرى)
3. كل الأجهزة التي أدت إلى اشتغال 86T2 (بطريقة توصيل موحد DIODE تمنع تشغيل 86T2 عند اشتغال 94T2).



شكل رقم (61): عمل جهازي الفصل 86T1 و 94T1



شكل رقم (62): عمل جهازي الفصل 86T2 و 94T2

جهاز التحكم الآلي في الجهد

Automatic Voltage Control (AVC) Scheme.

هو جهاز يقيس الجهد و التيار للمحول جهة الجهد المنخفض و يقوم بإصدار أوامر إلى مغير جهد المحول برفع أو خفض الخطوة للمحافظة على جهد التغذية لدى المشتركين ثابتا في حدود معينة.

حماية محول القدرة جهد13.8/132 ك ف

PROTECTION OF 132/13.8 KV POWER TRANSFORMERS

الحماية الأساسية (الرئيسية)

جهاز الحماية التفاضلية Differential Protection Relay(87T)

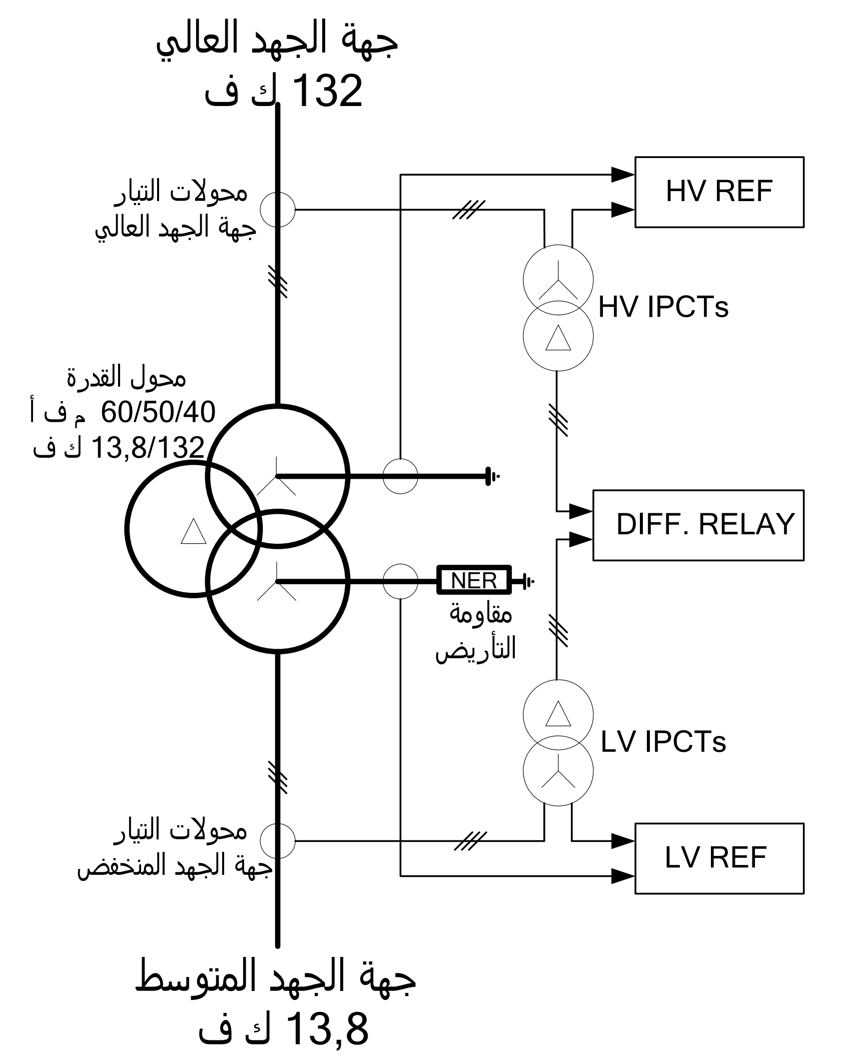
هو جهاز الحماية التفاضلية الرئيسية و الذي يقارن بين التيارات الداخلة و الخارجة من المحول و في الوضع الطبيعي يكون هناك اتزان بين التيارين الداخل و الخارج على كل وجه من أوجه المحول الثلاثة كل على حدة و عند حدوث خلل في هذا الاتزان يصدر جهاز الحماية التفاضلية إشارة فصل للقواطع التي تغذي المحول من الجهتين. و هذا الجهاز مزود داخليا بما يمكنه من تحديد التوافقيات في التيار و من ثم لا يشتغل في حالة وجود تيار اندفاعي Inrush Current . و يغطي هذا الجهاز الأعطال بين الأوجه و بعضها البعض و بين الأوجه و الأرض. و يعطي هذا الجهاز إشارات إلى لوحة التحكم بالمحطة و منها إلى مركز التحكم عند اشتغاله و الحديث من هذه الأجهزة يعطي إشارة (إنذار) أيضا عند حدوث عطل به .

جهاز الحماية المقيد ضد التسرب الأرضي على جهة الجهد العالي 132 ك ف Restricted Earth Fault (132 KV Side)(64NP)

هو جهاز يقارن بين مجموع التيارات على الأوجه الثلاثة في جهة الجهد العالي للمحول (مستخدما نفس محولات التيار المستخدمة لجهاز الحماية التفاضلية) و تيار نقطة التعادل لجهة الجهد العالي لنفس المحول و هذا الجهاز من النوع عالي المعاوقة High Impedance و هو يحمي و يحدد الأعطال القريبة من نقطة التعادل جهة الجهد العالي و التي يصعب تغطيتها بواسطة جهاز الحماية التفاضلية الرئيسية. ويفصل هذا الجهاز مفتاحي الجهد العالي و المنخفض للمحول. و يعطي هذا الجهاز إشارات إلى لوحة التحكم بالمحطة و منها إلى مركز التحكم عند اشتغاله.

جهاز الحماية المقيد ضد التسرب الأرضي على جهة الجهد المنخفض13,8 ك ف Restricted Earth Fault (13.8 KV Side)(64NS)

هو جهاز يقارن بين مجموع التيارات على الأوجه الثلاثة في جهة الجهد المنخفض للمحول (مستخدما نفس محولات التيار المستخدمة لجهاز الحماية التفاضلية كما يتبين من الشكل رقم (63)) و تيار نقطة التعادل لجهة الجهد المنخفض لنفس المحول و هذا الجهاز من النوع عالي المعاوقة High Impedance و هو يحمي و يحدد الأعطال القريبة من نقطة التعادل جهة الجهد المنخفض و التي يصعب تغطيتها بواسطة جهاز الحماية التفاضلية الرئيسية. ويفصل هذا الجهاز مفتاحي الجهد العالي و المنخفض للمحول. و يعطي هذا الجهاز إشارات إلى لوحة التحكم بالمحطة و منها إلى مركز التحكم عند اشتغاله.



شكل رقم (63): توصيل جهاز الحماية المقيدة ضد التسرب الأرضي من نفس محولات التيار المستخدمة في جهاز الحماية التفاضلية لمحول القدرة

جهاز الحماية الغازية (بوخولز) للمحول

Buchholz Relay (Main Tank)

هو جهاز الحماية الغازية بالمحول و هو مركب بين جسم المحول و خزان الزيت الرئيسي بالمحول و يحدد حدوث عطل بالمحول إذا أحس بوجود غازات متصاعدة إلى خزان الزيت بالمحول و هو يعطي إنذار عند حدوث تصاعد غازات بكمية بسيطة. ويعطي إشارة فصل عند تصاعد غازات بكميات كبيرة و يعطي أيضا إشارة إلى لوحة التحكم بالمحطة و منها إلى مركز التحكم عند اشتغاله على أي من المرحلتين.

جهاز الحماية الغازية (بوخولز) لمغير جهد المحول

Buchholz Relay (Tap Changer Tank).

هو جهاز الحماية الغازية بمغير الجهد للمحول و هو مركب بين جسم المغير و خزان الزيت بالمحول و يحدد حدوث عطل إذا أحس بوجود غازات متصاعدة إلى خزان الزيت بالمحول ويعطي إشارة فصل عند تصاعد غازات و في نفس الوقت يعطي أيضا إشارة إلى لوحة التحكم بالمحطة و منها إلى مركز التحكم عند اشتغاله.

جهاز الحماية ضد ارتفاع حرارة الملفات

Winding Temperature.

ترتفع درجة حرارة ملفات المحول إذا زاد الحمل عليه وعند زيادة درجة الحرارة يعطي جهاز قياس درجة الحرارة إشارة إلى مراوح التبريد المجموعة الأولى لتعمل. فان لم تنخفض درجة الحرارة يعطي جهاز قياس درجة الحرارة إشارة إلى مراوح التبريد المجموعة الثانية لتعمل. فان لم تنخفض درجة الحرارة يعطي جهاز قياس درجة الحرارة إنذار بارتفاع درجة الحرارة المرحلة الأولى. فان لم تنخفض درجة الحرارة يعطي جهاز قياس درجة الحرارة إنذار بارتفاع درجة الحرارة المرحلة الثانية مع القيام بفصل المحول من جهة الجهد المنخفض.و يظهر بلوحة التحكم بالمحطة و كذلك بمركز التحكم (درجة حرارة الملفات المرحلة الأولى) و (درجة حرارة الملفات المرحلة الثانية).

<u>الحماية الاحتياطية</u>

جهاز الحماية ضد زيادة التيار على جهة الجهد العالي 132 ك ف

Back up Over current Protection (132 KV Side)(50P/51P).

هو جهاز الحماية الاحتياطية ضد زيادة التيار (على الأوجه الثلاثة) و هو مركب جهة الجهد العالي من المحول و يفصل هذا الجهاز مفتاحي الجهد العالي و المنخفض للمحول. و يعطي هذا الجهاز إشارات إلى لوحة التحكم بالمحطة و منها إلى مركز التحكم عند اشتغاله. و الحديث من هذه الأجهزة يعطي إشارة (إنذار) أيضا عند حدوث عطل به .

جهاز الحماية ضد زيادة التيار و التسرب الأرضي على جهة الجهد المنخفض13,8 ك ف

Back up Over current & Earth Fault Protection (13.8 KV Side)(50S/51S/50NS/51NS).

هو جهاز الحماية الاحتياطية ضد زيادة التيار (على وجهين فقط أو ثلاثة أوجه) و التسرب الأرضي و مركب جهة الجهد المنخفض من المحول و يفصل هذا الجهاز مفتاح الجهد المنخفض للمحول فقط و يعطي هذا الجهاز إشارات إلى لوحة التحكم بالمحطة و منها إلى مركز التحكم عند اشتغاله. و الحديث من هذه الأجهزة يعطي إشارة (إنذار) أيضا عند حدوث عطل به .

جهاز الحماية الاحتياطية ضد التسرب الأرضي على جهة الجهد المنخفض13,8 ك ف

Stand By Earth Fault (SBEF) Relay (13.8 KV)(51N).

هو جهاز الحماية الاحتياطية ضد التسرب الأرضي و هو مركب جهة الجهد المنخفض من المحول و يغذى بتيار المركبة الصفرية من نقطة التعادل و زمن اشتغاله أطول من زمن اشتغال جهاز الحماية ضد التسرب الأرضي ليعطي فرصة للعطل ليتم عزله بواسطة جهاز/ أجهزة الحماية على المغذي الذي عليه العطل بدلا من فصل المحول الذي يغذي مغذيات سليمة أخرى. و يعطي هذا الجهاز إشارات إلى لوحة التحكم بالمحطة و منها إلى مركز التحكم عند اشتغاله. و الحديث من هذه الأجهزة يعطي إشارة (إنذار) أيضا عند حدوث عطل به .

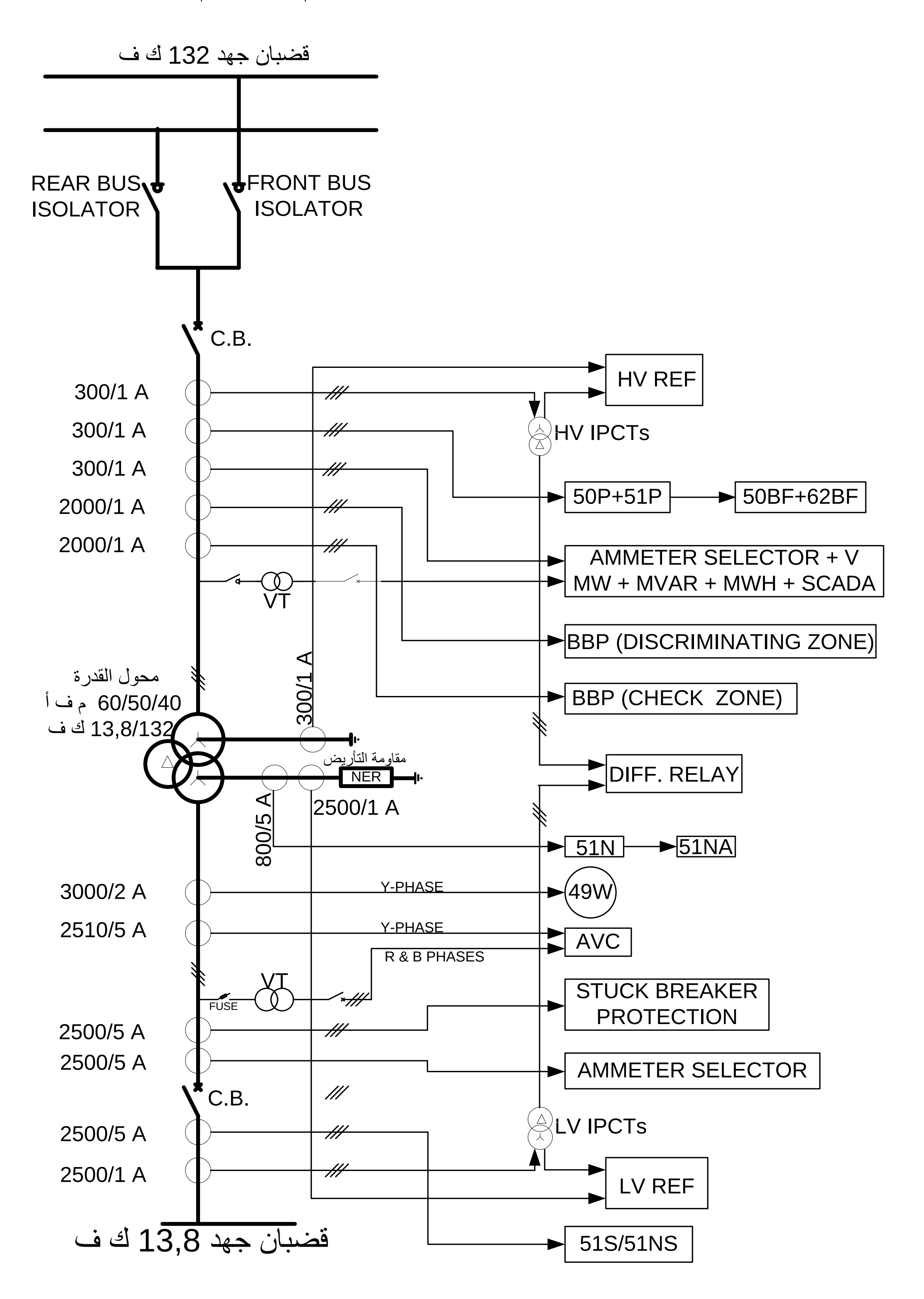
جهاز الإنذار بالتسرب الأرضي على جهة الجهد المنخفض13,8 ك ف

Neutral Current Alarm (NCA) Relay(13.8 KV)(51NA).

هو جهاز يغذى بتيار المركبة الصفرية من نقطة التعادل هو مركب جهة الجهد المنخفض من المحول و يغذى بالتيار من نفس محول التيار المغذي لجهاز الحماية الاحتياطية ضد التسرب الأرضي و يعطي هذا الجهاز إشارة إلى لوحة التحكم بالمحطة و منها إلى مركز التحكم عند اشتغال هذا الجهاز.

توصيل أجهزة الحماية المركبة على محول قدرة 60 م ف أ وجهد 13,8/132ك ف

و الشكل رقم (64) يبين كيفية توصيل أجهزة الحماية المركبة على محول قدرة 100 م ف أ وجهد 13.8/132 ك ف



شكل رقم (64): توصيل أجهزة الحماية المركبة على محول جهد 13,8/132 ك ف و قدرة 60 م ف أ

أجهزة فصل المحول عند حدوث أعطال Tripping Relays

❖ يوجد جهازين اثنين للفصل كل جهاز يعمل من مصدر جهد مستمر مستقل و يعطي إشارة فصل لملف فصل مستقل و يركبان على خلية الحماية للمحول جهة 132 ك ف و هذين الجهازين يعملان (يعطيان إشارة فصل للقاطع جهة 132 ك ف) من مصادر مختلفة . كما يتبين من الشكل رقم (65) و الشكل رقم (66).

الجهاز الأول 86T1 يعمل عند اشتغال أي من أجهزة الحماية الآتية:
1. جهاز الحماية التفاضلية (87T).
2. جهاز الحماية ضد زيادة التيار و التسرب الأرضي على جهة الجهد العالي 132 ك ف (50/51P).
3. جهاز الحماية الاحتياطية ضد التسرب الأرضي على جهة الجهد المنخفض13,8 ك ف (51N).

الجهاز الثاني 86T2 يعمل عند اشتغال أي من أجهزة الحماية الآتية:
1. جهاز الحماية المقيد ضد التسرب الأرضي على جهة الجهد العالي132 ك ف (64NP).
2. جهاز الحماية المقيد ضد التسرب الأرضي على جهة الجهد المنخفض13,8 ك ف (64NS).
3. جهاز الحماية الغازية (بوخولز) للمحول(2-96).
4. جهاز الحماية الغازية (بوخولز) لمغير جهد المحول(63QP-2).

و يمكن إعادة هذين الجهازين لوضعهما الطبيعي باليد Hand Reset أو كهربيا Electrically reset من خلية الحماية (أي بحضور المختص إلى المحطة و معرفة الأجهزة التي اشتغلت و سبب الفصل و إمكانية إرجاع المحول الخدمة من عدمه). و تعطي هذه الأجهزة إشارات إلى لوحة التحكم بالمحطة و منها إلى مركز التحكم عند اشتغالها.

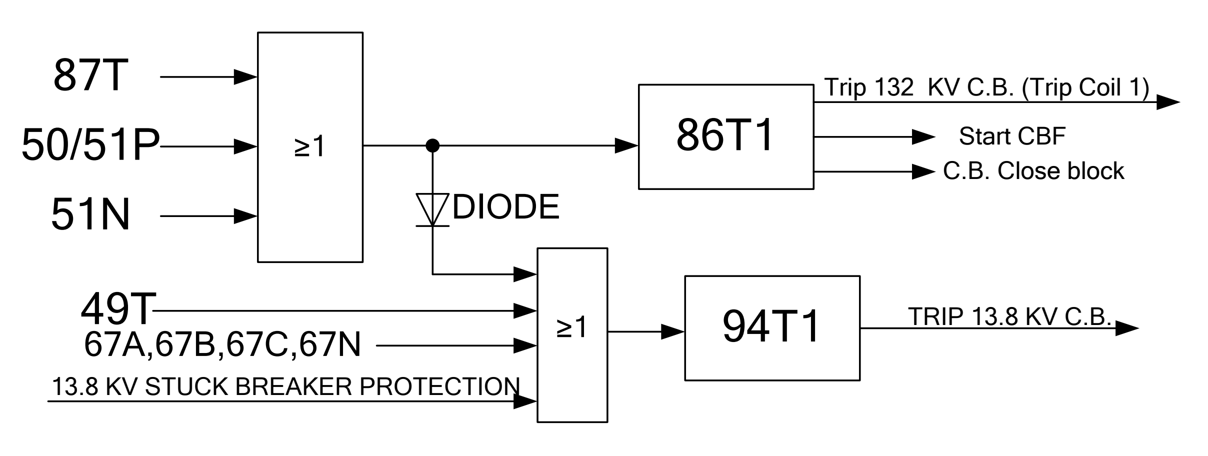
❖ كما يوجد جهازين آخرين يعودان إلى وضعهما الطبيعي آليا Self-Reset بعد اشتغالهما وهما :

الجهاز الأول 94T1 يعمل عند اشتغال أي من أجهزة الحماية الآتية:
1. جهاز الحماية ضد ارتفاع حرارة الملفات.
2. جهاز الحماية ضد عدم قدرة أحد القواطع جهد 13,8 ك ف على الفصل وهو ما يسمى Stuck Breaker Protection .
3. جهاز الحماية الاتجاهية ضد زيادة التيار و التسرب الأرضي على جهة الجهد المنخفض13,8 ك ف (هذا الجهاز يستخدم في حالة وجود القاطع جهد 132 ك ف الخاص بالمحول في محطة أخرى)
4. كل الأجهزة التي أدت إلى اشتغال 86T1 (بطريقة توصيل موحد DIODE تمنع تشغيل 86T1 عند اشتغال 94T1).

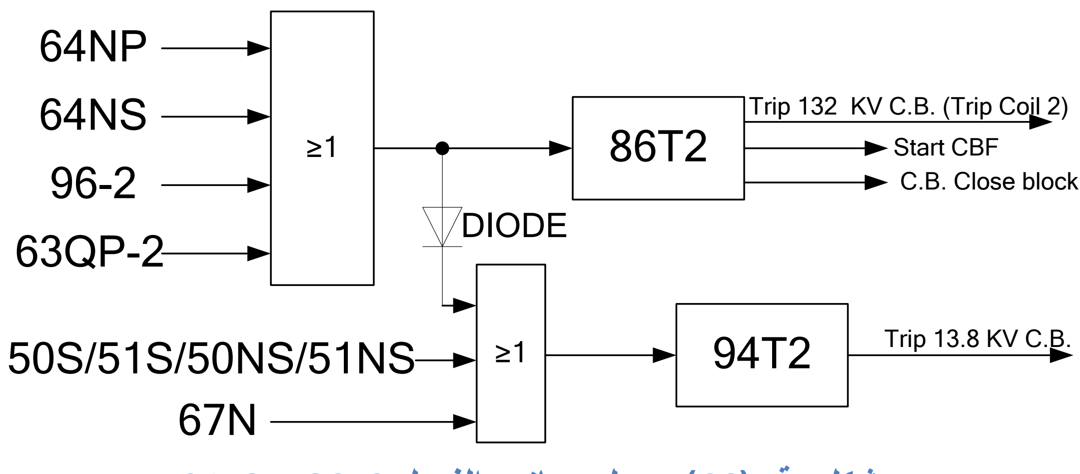
الجهاز الثاني 94T2 يعمل عند اشتغال أي من أجهزة الحماية الآتية:
1. جهاز الحماية ضد زيادة التيار و التسرب الأرضي على جهة الجهد المنخفض13,8 ك ف.

2. جهاز الحماية ضد التسرب الأرضي على نقطة التعادل جهة 132 ك ف (هذا الجهاز يستخدم في حالة وجود القاطع جهد 132 ك ف الخاص بالمحول في محطة أخرى)

3. كل الأجهزة التي أدت إلى اشتغال 86T2 (بطريقة توصيل موحد DIODE تمنع تشغيل 86T2 عند اشتغال 94T2).



شكل رقم (65): عمل جهازي الفصل 86T1 و 94T1



شكل رقم (66): عمل جهازي الفصل 86T2 و 94T2

جهاز التحكم الآلي في الجهد
Automatic Voltage Control (AVC) Scheme.

هو جهاز يقيس الجهد و التيار للمحول جهة الجهد المنخفض و يقوم بإصدار أوامر إلى مغير جهد المحول برفع أو خفض الخطوة للمحافظة على جهد التغذية لدى المشتركين ثابتا في حدود معينة.

إزاحة الأحمال بواسطة نظام مغير الجهد الأوتوماتيكي
Load Shedding By AVC Relay

أمكن إثبات أن خفض الجهد بنسبة معينة يؤدي إلى انخفاض القدرة الفعالة و القدرة غير الفعالة بنسبة تساوي تقريبا ضعف نسبة انخفاض الجهد (وذلك بدون فصل مفاتيح).

$$\Delta P_{\text{ACTIVE/REACTIVE}} \approx 2\,\Delta U_{\text{DESIRED VALUE}}$$

و لذلك سمي هذا (إزاحة أحمال).و يمكن خفض الجهد إما من خلية تنظيم الجهد بالمحطة أو من مركز التحكم.

حماية محول القدرة جهد13.8/33 ك ف

PROTECTION OF 33/13.8 KV POWER TRANSFORMERS

الحماية الأساسية (الرئيسية)

جهاز الحماية التفاضلية Differential Protection Relay(87T)

هو جهاز الحماية التفاضلية الرئيسية و الذي يقارن بين التيارات الداخلة و الخارجة من المحول و في الوضع الطبيعي يكون هناك اتزان بين التيارين الداخل و الخارج على كل وجه من أوجه المحول الثلاثة على حدة و عند حدوث خلل في هذا الاتزان يصدر جهاز الحماية التفاضلية إشارة فصل للقواطع التي تغذي المحول من الجهتين. و هذا الجهاز مزود داخليا بما يمكنه من تحديد التوافقيات في التيار و من ثم لا يشتغل في حالة وجود تيار اندفاعي Inrush Current. و يغطي هذا الجهاز الأعطال بين الأوجه و بعضها البعض و بين الأوجه و الأرض و يعطي هذا الجهاز إشارات إلى لوحة التحكم بالمحطة و منها إلى مركز التحكم عند اشتغاله و الحديث من هذه الأجهزة يعطي إشارة (إنذار) أيضا عند حدوث عطل به .

جهاز الحماية المقيد ضد التسرب الأرضي على جهة الجهد المنخفض13,8 ك ف
Restricted Earth Fault (13.8 KV Side)(64NS)

هو جهاز يقارن بين مجموع التيارات على الأوجه الثلاثة في جهة الجهد المنخفض للمحول (مستخدما نفس محولات التيار المستخدمة لجهاز الحماية التفاضلية) و تيار نقطة التعادل لجهة الجهد المنخفض لنفس المحول و هذا الجهاز من النوع عالي المعاوقة High Impedance و هو يحمي و يحدد الأعطال القريبة من نقطة التعادل جهة الجهد المنخفض و التي يصعب تغطيتها بواسطة جهاز الحماية التفاضلية الرئيسية. ويفصل هذا الجهاز مفتاحي الجهد العالي و المنخفض للمحول. و يعطي هذا الجهاز إشارات إلى لوحة التحكم بالمحطة و منها إلى مركز التحكم عند اشتغاله.

جهاز الحماية الغازية (بوخولز) للمحول
Buchholz Relay (Main Tank).

هو جهاز الحماية الغازية بالمحول و هو مركب بين جسم المحول و خزان الزيت الرئيسي بالمحول و يحدد حدوث عطل بالمحول إذا أحس بوجود غازات متصاعدة إلى خزان الزيت بالمحول و هو يعطي إنذار عند حدوث تصاعد غازات بكمية بسيطة. ويعطي إشارة فصل عند تصاعد غازات بكميات كبيرة و يعطي أيضا إشارة إلى لوحة التحكم بالمحطة و منها إلى مركز التحكم عند اشتغاله على أي من المرحلتين.

جهاز الحماية الغازية (بوخولز) لمغير جهد المحول
Buchholz Relay (Tap Changer Tank).

هو جهاز الحماية الغازية بمغير الجهد للمحول و هو مركب بين جسم المغير و خزان الزيت بالمحول و يحدد حدوث عطل إذا أحس بوجود غازات متصاعدة إلى خزان الزيت بالمحول ويعطي إشارة فصل عند تصاعد غازات و في نفس الوقت يعطي أيضا إشارة إلى لوحة التحكم بالمحطة و منها إلى مركز التحكم عند اشتغاله.

جهاز الحماية ضد ارتفاع حرارة الملفات Winding Temperature

ترتفع درجة حرارة ملفات المحول إذا زاد الحمل عليه وعند زيادة درجة الحرارة يعطي جهاز قياس درجة الحرارة إشارة إلى مراوح التبريد المجموعة الأولى لتعمل. فان لم تنخفض درجة الحرارة يعطي جهاز قياس درجة الحرارة إشارة إلى مراوح التبريد المجموعة الثانية لتعمل. فان لم تنخفض درجة الحرارة يعطي جهاز قياس درجة الحرارة إنذار بارتفاع درجة الحرارة المرحلة الأولى. فان لم تنخفض درجة الحرارة يعطي جهاز قياس درجة الحرارة إنذار بارتفاع درجة الحرارة المرحلة الثانية مع القيام بفصل المحول من جهة الجهد المنخفض.و يظهر بلوحة التحكم بالمحطة و كذلك بمركز التحكم (درجة حرارة الملفات المرحلة الأولى) و (درجة حرارة الملفات المرحلة الثانية).

الحماية الاحتياطية

جهاز الحماية ضد زيادة التيار و التسرب الأرضي على جهة الجهد العالي 33 ك ف
Back up Over current & Earth Fault Protection (13.8 KV Side)(50P/51P/51NP).

هو جهاز الحماية الاحتياطية ضد زيادة التيار (على الأوجه الثلاثة) و التسرب الأرضي و مركب جهة الجهد العالي من المحول و يفصل هذا الجهاز مفتاحي الجهد العالي و المنخفض للمحول. و يعطي هذا الجهاز إشارات إلى لوحة التحكم بالمحطة و منها إلى مركز التحكم عند اشتغاله. و الحديث من هذه الأجهزة يعطي إشارة (إنذار) أيضا عند حدوث عطل به .

جهاز الحماية ضد زيادة التيار و التسرب الأرضي على جهة الجهد المنخفض13,8 ك ف
Back up Over current & Earth Fault Protection (13.8 KV Side)(51S/51NS).

هو جهاز الحماية الاحتياطية ضد زيادة التيار (على وجهين فقط أو ثلاثة أوجه) و التسرب الأرضي و مركب جهة الجهد المنخفض من المحول و يفصل هذا الجهاز مفتاح الجهد المنخفض للمحول فقط و يعطي هذا الجهاز إشارات إلى لوحة التحكم بالمحطة و منها إلى مركز التحكم عند اشتغاله. و الحديث من هذه الأجهزة يعطي إشارة (إنذار) أيضا عند حدوث عطل به .

جهاز الحماية الاحتياطية ضد التسرب الأرضي على جهة الجهد المنخفض13,8 ك ف
Stand By Earth Fault (SBEF) Relay (13.8 KV)(51N).

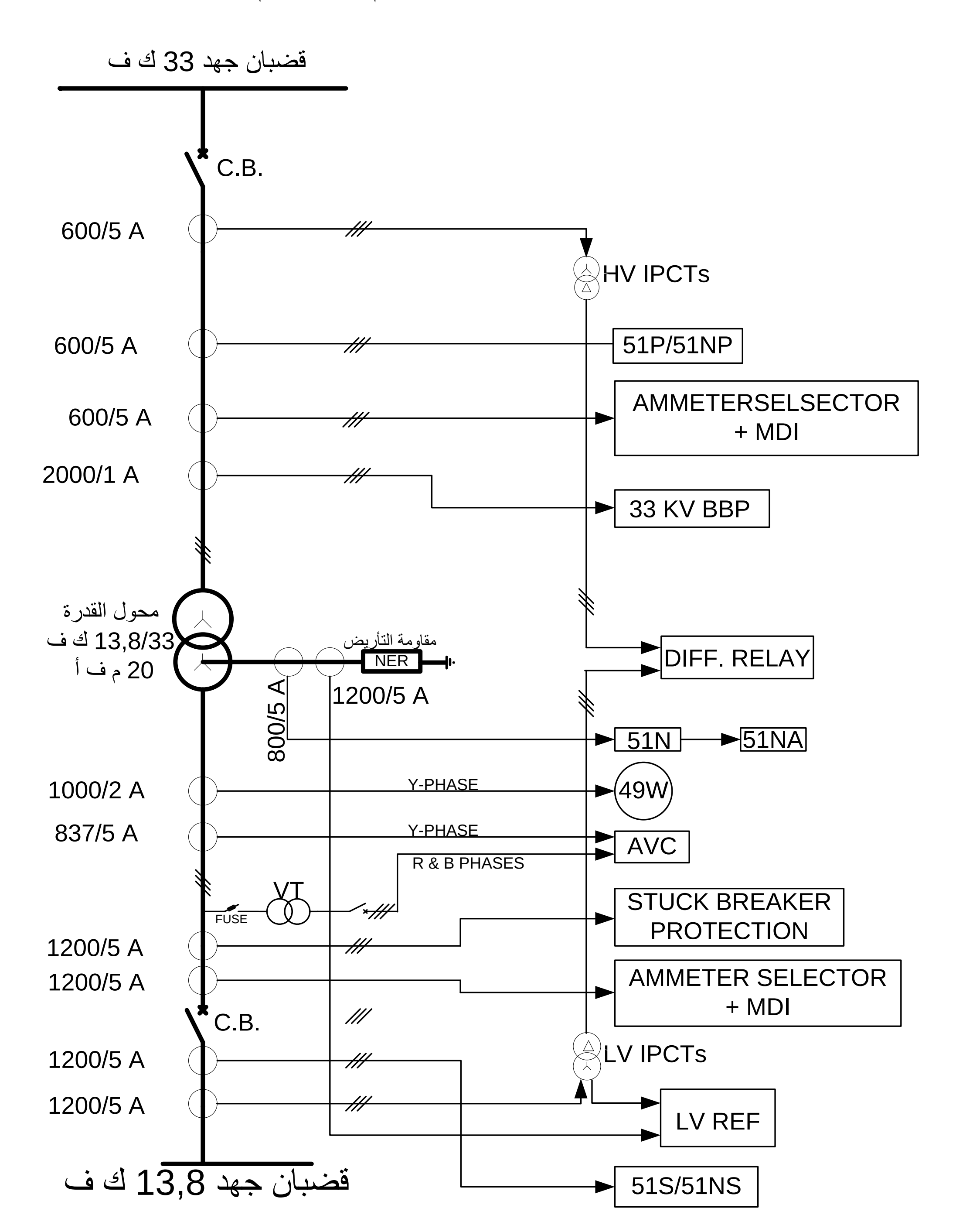
هو جهاز الحماية الاحتياطية ضد التسرب الأرضي و هو مركب جهة الجهد المنخفض من المحول و يغذى بتيار المركبة الصفرية من نقطة التعادل و زمن اشتغاله أطول من زمن اشتغال جهاز الحماية ضد التسرب الأرضي ليعطي فرصة للعطل ليتم عزله بواسطة جهاز/ أجهزة الحماية على المغذي الذي عليه العطل بدلا من فصل المحول الذي يغذي مغذيات سليمة أخرى. و يعطي هذا الجهاز إشارات إلى لوحة التحكم بالمحطة و منها إلى مركز التحكم عند اشتغاله. و الحديث من هذه الأجهزة يعطي إشارة (إنذار) أيضا عند حدوث عطل به .

جهاز الإنذار بالتسرب الأرضي على جهة الجهد المنخفض13,8 ك ف
Neutral Current Alarm (NCA) Relay(13.8 KV)(51NA).

هو جهاز يغذى بتيار المركبة الصفرية من نقطة التعادل هو مركب جهة الجهد المنخفض من المحول و يغذى بالتيار من نفس محول التيار المغذي لجهاز الحماية الاحتياطية ضد التسرب الأرضي و يعطي هذا الجهاز إشارة إلى لوحة التحكم بالمحطة و منها إلى مركز التحكم عند اشتغال هذا الجهاز.

توصيل أجهزة الحماية المركبة على محول قدرة 20 م ف أ وجهد 13,8/33 ك ف

و الشكل رقم (67) يبين كيفية توصيل أجهزة الحماية المركبة على محول قدرة 20 م ف أ وجهد 13,8/33 ك ف



شكل رقم (67): الحماية التفاضلية على محول قدرة 20 م ف أ جهد 13,8/33 ك ف

أجهزة فصل المحول عند حدوث أعطال   Tripping Relays

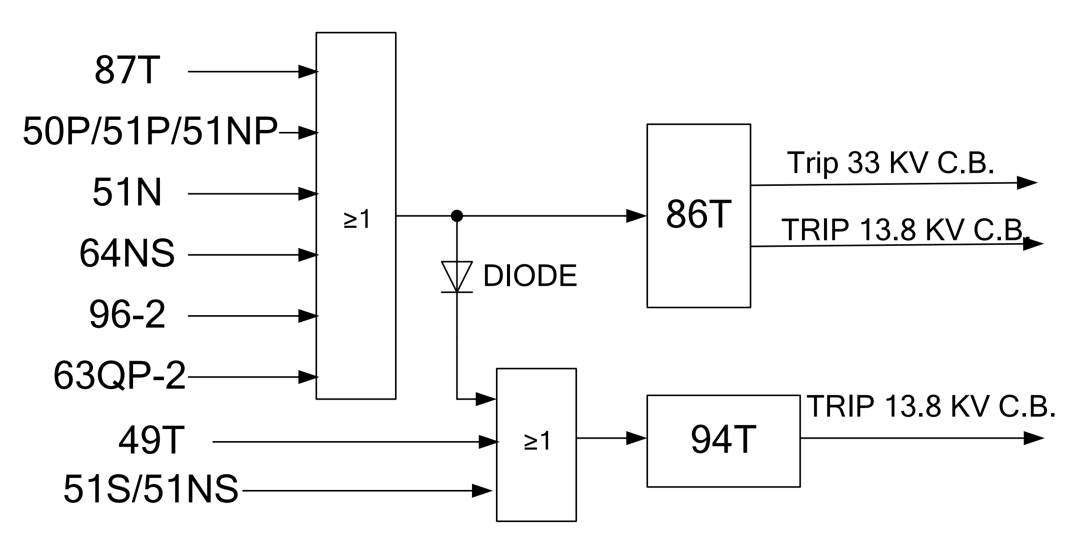
يوجد جهاز واحد فقط 86T و يركب على خلية التحكم و الحماية للمحول و هذا الجهاز يعمل (يعطي إشارة فصل للقاطعين جهة 33 ك ف و 13,8 ك ف) كما يتبين من الشكل رقم (68) عند اشتغال أي من أجهزة الحماية الآتية:

1. جهاز الحماية التفاضلية (87T).
2. جهاز الحماية المقيد ضد التسرب الأرضي على جهة الجهد المنخفض 13,8 ك ف (64NS).
3. جهاز الحماية الغازية (بوخولز) للمحول.
4. جهاز الحماية الغازية (بوخولز) لمغير جهد المحول.
5. جهاز الحماية ضد زيادة التيار و التسرب الأرضي على جهة الجهد العالي 33 ك ف (50P/51P/51NP).
6. جهاز الحماية الاحتياطية ضد التسرب الأرضي على جهة الجهد المنخفض 13,8 ك ف (51N).

و لا يمكن إعادة الجهاز لوضعه الطبيعي إلا باليد (أي بحضور المختص و معرفة الأجهزة التي اشتغلت و سبب الفصل و إمكانية إرجاع المحول الخدمة من عدمه). و يعطي هذا الجهاز إشارة إلى لوحة التحكم بالمحطة و منها إلى مركز التحكم عند اشتغاله.

❖ كما يوجد جهاز آخر يعود إلى وضعه الطبيعي آليا Self Reset بعد اشتغاله وهو : 94T يعمل عند اشتغال أي من أجهزة الحماية الآتية:

1. جهاز الحماية ضد ارتفاع حرارة الملفات.
2. جهاز الحماية ضد زيادة التيار و التسرب الأرضي على جهة الجهد المنخفض 13,8 ك ف .
3. كل الأجهزة التي أدت إلى اشتغال 86T (بطريقة توصيل موحد DIODE تمنع تشغيل 86T عند اشتغال 94T).



شكل رقم (68): عمل جهازي الفصل 86T و 94T

جهاز التحكم الآلي في الجهد

Automatic Voltage Control (AVC) Scheme.

هو جهاز يقيس الجهد و التيار للمحول جهة الجهد المنخفض و يقوم بإصدار أوامر إلى مغير جهد المحول برفع أو خفض الخطوة للمحافظة على جهد التغذية لدى المشتركين ثابتا في حدود معينة.

<u>إزاحة الأحمال بواسطة نظام مغير الجهد الأوتوماتيكى</u>

<u>LOAD SHEDDING BY AVC RELAY</u>

أمكن إثبات أن خفض الجهد بنسبة معينة يؤدي إلى انخفاض القدرة الفعالة و القدرة غير الفعالة بنسبة تساوي تقريبا ضعف نسبة انخفاض الجهد (وذلك بدون فصل مفاتيح).

$$\Delta P_{\text{ACTIVE/REACTIVE}} \approx 2\ \Delta U_{\text{DESIRED VALUE}}$$

و لذلك سمي هذا (إزاحة أحمال).و يمكن خفض الجهد إما من خلية تنظيم الجهد بالمحطة أو من مركز التحكم.